



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

1. Kap. Verbindung von Eisenteilen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78727](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78727)

III. Teil, 1. Abteilung:
KONSTRUKTIONSELEMENTE.

3. Abschnitt.
Konstruktionselemente in Eisen.

VON GEORG BARKHAUSEN.

1. Kapitel.

Verbindung von Eifenteilen.

Eiserne Konstruktionsteile werden in sehr verschiedener Weise miteinander verbunden. Das Zusammenerschweißen von Eisen und Stahl kommt an dieser Stelle nicht in Frage; hauptsächlich werden es die Verbindungen mittels Nieten, mittels Schrauben, mittels Bolzen, mittels Keile und mittels Splinte sein, deren Betrachtung die Aufgabe des vorliegenden Kapitels ist.

189.
Warme
Nietung

a) Niete und Nietverbindungen.

1) Niete und Nietlöcher.

Niete dienen zur mechanischen Verbindung von Eifenteilen, wie auch einiger anderer Metalle; doch kommt die Vernietung nirgends in so ausgedehntem Maße in Anwendung, wie beim Eisen. Die Grundsätze der Vernietung sind hier verschieden, je nachdem dieselbe in erster Linie bestimmt ist, Kräfte zu übertragen oder die Fuge der vernieteten Teile so zu schließen, daß Flüssigkeiten oder Gase, selbst unter Druck stehend, nicht durchdringen können. Man unterscheidet daher Kraftnietungen und Nietungen auf Dichtigkeit.

Die Vernietung besteht darin, daß in je zwei einander in jeder Beziehung genau entsprechende, kreisrunde Löcher der beiden zu vernietenden Teile ein den Lochdurchmesser an Stärke nicht ganz erreichender, hellrot- bis weißglühender Bolzen eingesteckt wird, dessen hinteres Ende einen ringförmig vorstehenden Kopf, den sog. Setzkopf, trägt; dieser legt, mit leichtem Hammerschlage angetrieben, die Stellung des Nietbolzens im Loche fest. Am anderen Ende steht der Bolzen so weit aus dem Loche hervor, daß durch Umschmieden mittels Zuschlag- und Gefenkhammer (Schellhammer) ein ähnlicher Kopf, wie der oben erwähnte, der sog. Schließkopf, nachträglich aus dem weißglühenden Bolzen hergestellt werden kann; die Länge des Bolzens muß von vornherein auf die Dicke aller aufeinander zu nietender Teile und auf die richtige Ausbildung des Schließkopfes bemessen sein.

Zu kurze Niete geben unvollkommene Köpfe; bei zu langen vermag der Gefenkhammer das überschüssige Material nicht zu fassen; letzteres quillt feitlich hervor, und die so entstehende unregelmäßige Kopfform verkürzt die verlangte Tragfähigkeit nicht, wenn das Antreiben recht scharf erfolgt.

Um einem Niete vom Durchmesser d und der schließlichen Schaftlänge a sicher einen guten Schließkopf geben zu können, ist die Schaftlänge des Nietbolzens mit $1,1 a + 1,33 d$ zu wählen.

Die Köpfe brauchen nicht mittels Gefenkhammer vor den Flächen der vernieteten Teile vorspringend ausgebildet zu werden; man kann vielmehr den cylindrischen Löchern an einem oder an beiden Enden Ausweitungen nach Gestalt eines abgestumpften Kegels, mit der größeren Endfläche in der Außenfläche der zu nietenden Teile, geben und den Bolzen so lang machen, daß er, mit Zuschlaghämmern niedergeschmiedet, die Ausweitung gerade ausfüllt; auf solche Weise entstehen die versenkten Niete (siehe Fig. 412).

Nach Ausbildung des Schließkopfes ist das Bewegen des Bolzens nach keiner Seite mehr möglich; er füllt durch die Anfauchung beim Ausbilden des Schließkopfes das Loch aus, legt sich auch mit den Ringflächen der Köpfe so eng an die Flächen der genieteten Teile an, daß man selbst mit scharfen Werkzeugen nicht in die Fuge unter dem Kopfe eindringen kann. Da dieser Zustand hergestellt wird, während der Niet noch heiß ist, zieht dieser sich aber bei weiterer Abkühlung noch zusammenzieht, d. h. verkürzt, so werden die zu vernietenden Teile beim Erkalten immer fester aufeinander gepreßt, und es entsteht eine Reibung zwischen ihnen, welche in vielen Fällen allein genügt, um das Auseinanderziehen der vernieteten Teile durch die wirkenden Kräfte zu verhindern.

Da zum Ausbilden des Schließkopfes schwere Hammerschläge erforderlich sind, so ist Vernietung bei solchen Baustoffen ausgeschlossen, welche Hammerschläge nicht ertragen; dahin gehört z. B. Gußeisen. Die Möglichkeit der Nietung von Eisteilen beschränkt sich also auf Schweisseisen, Flußeisen und Stahl. Ebenso ist selbstverständlich warme Nietung bei allen Metallen ausgeschlossen, welche bei Berührung mit weißglühendem Eisen verbrennen, schmelzen oder sonst zerstört werden.

190.
Kalte
Nietung.

Nicht alle Eifennietungen werden mit glühenden Nieten ausgeführt. Sinkt der Nietdurchmesser unter 10 mm, so werden die dünnen Schäfte durch Weißglühhitze zu stark angegriffen, oft völlig verbrannt. Bei Verwendung solcher Masse stellt man die Niete aus weichem Eisen her und schmiedet den Schließkopf mit oder ohne Schellhammer kalt. Solche Nietungen sind wegen mangelhafter Ausfüllung des Loches erheblich weniger tragfähig und dicht.

191.
Nietloch.

Die Nietlöcher sollen der Regel nach genau kreisrund und völlig cylindrisch fein; auch sollen die zusammengehörenden Löcher in den zu verbindenden Teilen ohne Abweichung übereinander liegen. Geringe Ungenauigkeiten in letzterer Beziehung sollen durch Ausreiben mit der Reibahle, nicht durch das so beliebte Auftreiben mittels konischen Stahldornes, beseitigt werden. Das Herstellen der Nietlöcher, das Lochen, erfolgt mittels Durchstoßmaschinen oder durch Bohren.

Das Ausstoßen oder Punzen der Nietlöcher ist zwar sehr bequem und an Zeit- und Geldverbrauch sparsam, ruft aber anderweitige Mifsstände hervor, welche eine wirklich gute Vernietung sehr erschweren.

Zunächst wird das Metall in der Umgebung des Loches durch die großen Scherspannungen, welche am Lochrande selbst bis zur Zerstörung steigen müssen, leicht verdrückt und jedenfalls in der Tragfähigkeit wesentlich beeinträchtigt; schmale Eisteile werden beim Lochen nach Länge und Breite auseinander gedrückt, so daß der Rand wellenförmig und die richtig hergestellte Nietteilung zu weit wird. Es ist daher ganz unzulässig, schmale schwache Eifen (Bandeisen, Winkeleisen, schwache E-Eisen u. f. w.) unter dem Durchstoße zu lochen; sie müssen die Löcher auf andere Weise erhalten. Das Lochen mit der Stoßmaschine ist auf starke Eifenforten (große Bleche, Stege starker I-Träger u. f. w.) zu beschränken.

Insbesondere entstehen beim Lochen des Stahles am Rande des Loches Haarrisse, welche das fertige Stück durchaus unzuverlässig machen.

Sodann muß die Matrize etwas zu weit fein, damit der Dorn sich nicht in sie einklemmt; dadurch bekommen die Löcher eine merklich kegelförmige Gestalt (Anzug 1:8), welche nach dem Zusammenlegen der Teile beim Ausbilden der Niete plötzliche und daher schädliche Aenderungen des Schaftdurchmessers ergibt.

Jedenfalls soll die Lochung so erfolgen, daß beim Zusammenlegen der Teile die engen Lochenden zusammentreffen, damit der fertige Schaft eine doppeltkegelförmige Gestalt mit dem kleinsten Durchmesser in der Mitte erhält und so die Köpfe im Zusammenhalten der Teile unterstützt.

Beim Austreten aus dem Loche läßt der ausgestoßene Kern auf der Unterseite am Rande des Loches einen vorpringenden scharfen Grat stehen, während oben der Rand etwas eingedrückt wird; werden diese Unebenheiten, namentlich der Grat am unteren Rande, nicht sorgfältig beseitigt, so sind sie der guten Ausbildung der Nietköpfe und dem dichten Schluß der Fuge hinderlich.

Bei dem schnellen Fortschritte der Lecharbeit ist es schwierig, die schweren Teile stets in die genau richtige Lage zu bringen; häufig kommen daher kleine Fehler in der Lochstellung vor, welche gutes Passen der Löcher und dichten Schluß der Fuge zwischen den zu verbindenden Teilen ausschließen.

Diese Mißstände, welche teils schwer, teils gar nicht zu beseitigen sind, lassen es angezeigt erscheinen, wenigstens bei hohen Ansprüchen an die Güte der Arbeit die zeitraubendere und teurere Art der Herstellung der Löcher durch Bohren vorzuziehen.

Die Löcher werden mit lotrechten Bohrmaschinen erzielt, deren Bohrer gebrochene Schneiden mit dem tiefsten Punkte in der Mitte und einer Gesamtbreite gleich dem Lochdurchmesser haben, oder neuerdings häufiger als schraubenförmige Schneidewerkzeuge mit Spitze ausgebildet sind. Es ist leicht, diese Bohrer mit der Spitze genau in die vorgezeichnete Lochteilung zu setzen; sie schneiden dann eine kegelförmige Vertiefung, welche so lange erweitert wird, bis der volle Lochdurchmesser hergestellt ist, ohne daß dabei das umgebende Metall erheblich in Mitleidenschaft gezogen würde. Die oben gerügten Mißstände fallen dabei fort. Zwar erzeugt sich auf der Unterseite auch ein leichter Grat; doch ist dieser geringfügig und leicht zu beseitigen.

Bei Verwendung der älteren, dreieckigen Bohrer wird die Lochwandung durch die Schnitte der beiden äußeren Ecken der Bohrschneide erzeugt, welche die Wandung in flachen Schraubengängen herstellen, so daß dieselbe nicht glatt, sondern gefurcht erscheint, etwa wie die mit dem spitzen Schneidestahl gehobelte Fläche. Der Schneckenbohrer schneidet die Lochwandung dagegen mit scharfer schraubenförmiger Schneide fertig, so daß sie ganz glatt, häufig spiegelnd ausfällt. Da nun recht glatte Wandungen die gute Ausfüllung des Loches durch den Niet fördern, so werden die Schneckenbohrer jetzt ganz allgemein den alten Dreiecksbohrern vorgezogen. Auch zum Ausreiben rauher oder nicht genau passender Löcher eignet sich der Schneckenbohrer vorzüglich.

Ein Mittelweg zwischen Stoßen und Bohren, welcher selbst bei Stahl von vielen für zulässig erklärt wird, besteht darin, daß man das Loch zuerst nur mit etwa $\frac{3}{4}$ des Durchmessers stößt und den verbleibenden ringförmigen Rest dann nachbohrt oder nachreibt.

Der mit dem Setzkopfe versehene Schaft oder Bolzen des Nietes zeigt nur dicht an diesem Kopfe den vorgeführten Durchmesser; im Mittel ist er etwa 3 Vomhundert schwächer, als das auszufüllende Loch; im übrigen ist er etwas kegelförmig gestaltet, damit er ohne zu großen Widerstand in das Nietloch getrieben werden kann.

Schaftlängen, welche das 4-fache des Durchmessers übersteigen, stellen die vollkommene Ausfüllung des Loches durch das Stauchen in Frage und sind daher zu vermeiden; sind Bolzen von größerer Länge nicht zu umgehen, so zieht man Schraubenbolzen vor.

Die Nietköpfe erhalten verschiedene Form; Beispiele zeigen Fig. 408 bis 415. Die ursprünglich vorhandenen Setzköpfe haben sehr häufig eine andere Form, als die mit dem Schellhammer herzustellenden Schließköpfe.

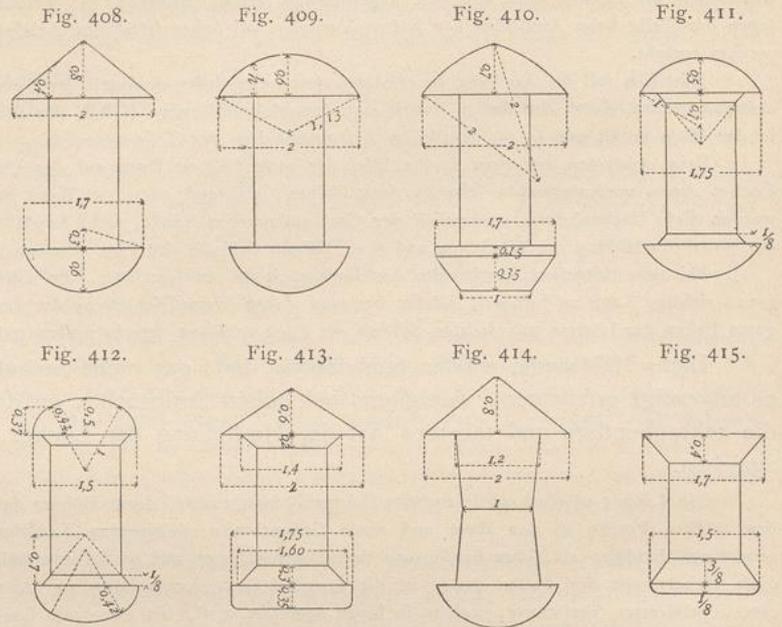
Der unvermittelte Uebergang des breiten Kopfes in den schmalen Schaft beeinträchtigt die Tragfähigkeit des Nietes; es ist daher zweckmäßig, die Kante des

192.
Nietchaft.

193.
Nietkopf.

Loches 1 bis 2 mm tief und breit mit einem zu weiten Dreiecksbohrer zu brechen und dem Setzkopfe von vornherein den entsprechenden, kegelförmigen Uebergang vom Kopfe in den Schaft zu geben. Am Schlieskopfe bildet sich dieser nach Maßgabe der Gestalt des Loches von selbst.

Niete für gebrochene Lochkanten zeigen Fig. 411 u. 412; Fig. 413 ist ein halb versenkter Niet; Fig. 415 zeigt zwei Formen versenkter Niete, die jedoch an beiden Enden desselben Nietes gleichzeitig felten ausgeführt werden.



Befonders gebräuchlich für starke Nietungen ist die Form in Fig. 412, da sie bei schmalem Nietkopfe doch eine große Cylinderfläche in der Verlängerung des Schaftumfanges giebt, deren Abscherungsfestigkeit dem Bestreben des Nietes, sich beim Erkalten zusammenziehen, widerstehen muß. Da das Zusammenziehen aber zugleich den Schaft abzureissen strebt, so wird ein gut geformter Niet in der cylindrischen Abscherungsfläche dieselbe Sicherheit haben müssen, wie im Schaftquerschnitte.

Wird die zulässige Scherspannung im vielfach umgearbeiteten Kopfe gleich $\frac{2}{3}$ der Zugspannung im Schaft gesetzt und ist h (Fig. 409) die Höhe des abzuscherenden Cylinders, so muß stattfinden

$$h d \pi \frac{2}{3} s' = \frac{d^2 \pi}{4} s'$$

woraus als kleinster Wert

$$h = 0,375 d$$

folgt. Im festeren Setzkopfe kann die Höhe etwas geringer sein. Die Abbildungen zeigen, wenn man die Versenkungen mit berücksichtigt, sämtlich größere Kopfhöhen; offenbar sind aber dreieckige Köpfe ungünstiger, als runde. Die Korbbogenform in Fig. 412 ist gegenüber der Halbkugel über derselben Grundfläche vorzuziehen, weil letztere viel unnützes Metall in die Kuppe des Kopfes bringt.

Die Beanspruchung des Schaftes infolge der Verhinderung des Zusammenziehens beim Erkalten hängt vom Wärmeunterschiede zwischen Niet und Umgebung in dem Augenblicke ab, wo der Kopf weit genug ausgebildet ist, um die Bewegung des Nietes zu verhindern. Die Spannung im Schaft entspricht übrigens nicht der ganzen angestrebten Zusammenziehung; vielmehr drücken sich die genieteten Teile unter dem Drucke des Kopfes in sich zusammen, und die Fugen zwischen den Blechen werden geschlossen. Der Niet wird sich also bei der Abkühlung um so mehr wirklich verkürzen, je mehr schwache Bleche er faßt; seine Spannung wird hoch, wenn er nur wenige starke, dem Schluffe der Fuge großen Widerstand entgegensetzende Bleche verbindet.

194.
Beanspruchung
des
Nietchaftes.

Der Niet wird bis auf 1100 bis 1200 Grad C. erwärmt; doch ist anzunehmen, daß er bis zum Augenblicke des ersten festen Anliegens des Schließkopfes, des Greifens des Nietes, auf etwa 900 Grad C. abgekühlt ist.

Bezeichnen α die Längenausdehnung der Längeneinheit durch 1 Grad C. Wärmezunahme und l die Länge des Schaftes, E die Elastizitätsziffer des Nietstoffes und σ die Längsspannung im Niete, so würde σ für einen in völlig starre, kalte Masse gezogenen Niet folgen aus $\sigma : E = \alpha l \cdot 900 : l$, woraus $\sigma = \frac{900 \alpha l E}{l}$, und da für Stahl und Eisen $\alpha = 0,0000123$, $E = 2000000$ kg auf 1 qcm zu setzen sind, $\sigma = 900 \cdot 0,0000123 \cdot 2000000 = 22140$ kg für 1 qcm, so daß ein solcher Niet beim Abkühlen notwendig durchreißen müßte.

Nun ist aber der umgebende Körper weder kalt noch starr. Er erwärmt sich durch den Niet auf etwa 400 Grad C., so daß für die Spannung des Nietes nur $900 - 400 = 500$ Grad C. in Frage kommen.

Durch die Spannung σ im Bolzen, welche eine Spannkraft von $\sigma \frac{d^2 \pi}{4}$ liefert, wird ein ringförmiger Körper unter den Kopfrändern vom Querschnitte $\frac{1,25^2 d^2 \pi}{4} - \frac{d^2 \pi}{4} = 1,25 \frac{d^2 \pi}{4}$ zusammengedrückt; die Spannung darin ist also $\sigma \frac{d^2 \pi}{4} : 1,25 \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{\sigma}{1,25}$, und für die Zusammendrückung Δ auf die Länge l gilt infolgedessen die Beziehung $\Delta : l = \frac{4/5 \sigma}{E}$, woraus $\Delta = 4/5 \sigma l \frac{1}{E}$ folgt.

Jede der n Fugen zwischen den aufeinander zu nietenden Teilen drücke sich um δ Centim. zusammen; von der ganzen Längung des Schaftes um $500 \cdot 0,0000123 l$ gehen also die Strecken $4/5 \sigma l \frac{1}{E}$ und $n \delta$ ab, und die die Spannung erzeugende Reckung ist demnach

$$500 \cdot 0,0000123 l - \frac{4}{5} \sigma l \frac{1}{E} - n \delta.$$

Die Spannung im Bolzen folgt daher aus

$$\sigma : E = \left[500 \cdot 0,0000123 l - \frac{4}{5} \sigma l \frac{1}{E} - n \delta \right]:$$

und aus dieser Gleichung ergibt sich, wenn für E der Wert eingesetzt wird,

$$l = \frac{n \delta}{0,00615 - 0,0000008 \sigma},$$

wonach man bestimmen kann, wie lang ein Niet werden darf, wenn eine bestimmte Längsspannung nicht überschritten werden soll. Geht man mit der Spannung σ für weichen Stahl bis an die Elastizitätsgrenze von $\sigma = 1800$ kg für 1 qcm und setzt man das Maß δ der Zusammendrückung jeder Fuge gleich $0,03$ cm, so folgt

$$l = 6,6 n.$$

Demnach dürfen die Niete bei Vernietung von zwei Platten (also $n = 1$) höchstens 6,6 cm, in drei Platten (für $n = 2$) 13,2 cm u. s. w. lang sein. Der guten Stauchung wegen wird demgegenüber für Handnietung die Grenze $l = 4d$ eingehalten; bei Maschinennietung sind auch längere Niete zulässig.

Lange Niete werden weniger gespannt, wenn man sie nur in demjenigen Teile der Schaftlänge glühend macht, der zur Bildung des Schließkopfes genügt. Dieses Verfahren ist aber zu verwerfen, weil das Nietloch dabei nie gut ausgefüllt werden kann. Sind sehr lange Bolzen erforderlich, so verwende man Schraubenbolzen. Ein gutes Mittel zur Verminderung der Nietspannung ist das Vorwärmen der Umgebung des Loches durch Einschlagen heißer Dorne.

Die Ausfüllung des Nietloches ist sowohl bei Dichtigkeits-, wie Kraftnietungen wichtig: bei ersteren, um keine offenen Fugen zu bieten; bei letzteren, um Verschiebungen der Teile gegeneinander zu vermeiden. Hier treten aber ähnliche Verhältnisse auf, wie für die Schaftlänge. Das Loch kann sich wegen des Widerstandes des Bleches bei der Erwärmung nicht frei ausweiten, während der heiße Schaft genau den Durchmesser des Loches annimmt; der warme Niet muß sich mehr zusammenziehen, als sich das Loch im kälteren Bleche verengt; folglich muß eine geringe Fugenöffnung entstehen, welche nach gemachten Versuchen in manchen Fällen allerdings unnachweisbar gering ist, in anderen aber bei guter

195.
Ausfüllung
des
Nietloches.

Ausführung bis zu 2 Vomhundert⁸⁶⁾, bei mangelhafter Ausführung bis zu 5 Vomhundert⁸⁷⁾ steigt.

In Fällen, wo man der Ausfüllung unbedingt sicher sein muß, hat man daher die Löcher leicht kegelförmig ausgerieben, die Nietchäfte nach demselben Kegel abgedreht und dann den Niet kalt eingezogen. Dafs dabei der Schlieskopf schlechter ausfällt, ist wegen der fehlenden Längsspannung im Schaft ungefährlich.

196.
Ausführen
der
Nietung.

Handnietung und Maschinennietung verteilen sich heute so, dafs erstere für kleinere Arbeiten und in kleineren Werkstätten die Regel bildet, wo die teure Anlage der Nietpressen nicht beschafft werden kann.

Eine Nietrotte für Handnietung besteht ausser dem Schmiedejungen, der die Niete heifs macht und herwirft, mindestens aus drei Mann, dem Vorarbeiter 1, dem Zuschläger 2 und dem Gegenhalter 3. 3 setzt zuerst den kalten Stahldorn in das gut passend gearbeitete Loch, und 1 und 2 treiben ihn mit leichten Hämmern (3 kg) durch, um die Lochwandung zu glätten, jedoch nur, wenn die Lochwandung rauh ist. Die Ränder nicht genau passender Löcher auf diese Weise gewaltfam wegzustauchen, ist durchaus unzulässig; sie sollen mit der Ahle weggerieben oder mit dem Schneckenbohrer weggebohrt werden. Passende Löcher mit schlechter Wandung werden überhaupt nicht nachgedornt. 3 steckt nun den heifsen Niet ein und setzt den Gegenhalter — Brechstange mit Höhlung für den Setzkopf, Fufschraube oder Hebel — auf, und 1 und 2 stauchen hierauf mit leichten Hämmern den Kopf an, bis er zu fassen anfängt. Nun setzt 1 den Schellhammer mit der Höhlung für den Schlieskopf auf, und 2 schlägt nach Anweisung von 1 mit dem schweren Zuschläger (8 kg) so lange auf den Schellhammer, bis der Kopf allseitig voll ausgebildet ist, so dafs die Kanten des Schellhammers noch leicht in das zu nietende Blech einschneiden. Die Bildung des Schlieskopfes soll erfolgt sein, solange noch dunkle Rotglut erkennbar ist, da sonst der gute Schluß in Frage gestellt wird und die Köpfe beim Erkalten von den Rändern her einreißen. Bei gröfseren Nietungen besteht die Rotte neben dem Nietjungen gewöhnlich aus 4 Mann, indem für die dauernde Arbeit dem Vorarbeiter 1 zwei Zuschläger 2 zugewiesen werden.

Auf die Maschinennietung hier näher einzugehen, würde hier zu weit führen.

Die Leistung ist bei Handnietung durch eine Rotte

unter günstigen Verhältnissen	600 Niete	von 2 ^{cm} Durchmesser	in 10 Stunden,
» mittleren »	450 »	» 2 »	» 10 »
» ungünstigen »	200 »	» 2 »	» 10 »

Bei Maschinennietung leistet eine gut bewegliche Nietpresse auf der Baustelle unter günstigen Verhältnissen in 10 Stunden bis 800 Niete von 2,5^{cm} Durchmesser bei einem Drucke von 7000 bis 8000 kg, für sehr schwere Niete bis 15000 kg auf 1^{cm} Nietquerschnitt.

Die Möglichkeit der Handnietung hört mit mäfsig langen Nieten von 2,5^{cm} Durchmesser auf, während bei Maschinennietung alles thatsächlich Vorkommende ohne Schwierigkeit geleistet werden kann.

Die Kosten der Nietung betragen für 100 Stück an Arbeitslohn bei:

	13 bis 16 ^{mm} Durchm.	20 bis 23 ^{mm} Durchm.	24 bis 29 ^{mm} Durchm.
Maschinennietung . . .	1,25 Mark	1,5 Mark	1,7 Mark
Handnietung	3,5 »	4,0 bis 4,5 »	5,0 bis 6,0 »

197.
Fertige Niete.

Ein gut ausgeführter Niet, bei welchem der Schaft das Loch voll ausfüllt und die Köpfe fest aufsitzen, ist daran zu erkennen, dafs ein elastisch geführter Hammer bei leichtem Schlage auf den Nietkopf zurückschnellt, wie vom Ambofs; giebt der Schlag einen klappernden Ton und springt der Hammer nicht ab, so ist der Niet im Loche beweglich und in irgend einer Beziehung mangelhaft gebildet. Solche Niete sollen durch Absprennen eines Kopfes mittels Hammers und Stahlmeifels beseitigt und durch neue ersetzt werden.

⁸⁶⁾ Siehe: *Railroad gaz.* 1884, S. 662.

⁸⁷⁾ Siehe: *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1882, S. 308.

Verbrauch und Gewicht der Niete werden nach den Tabellen für Runden eisen ermittelt, indem man der Schaftlänge zwischen den Köpfen die Länge von zwei Schaftdurchmessern für jeden Kopf hinzurechnet.

2) Anordnung der Vernietungen.

Bei der Anordnung und Berechnung von Nietungen kommen die folgenden wesentlichen Punkte in Betracht:

198.
Gesichtspunkte.

- α) die Stärke und Länge der Nietbolzen;
- β) die Festigkeit der vernieteten Teile an der durch die Nietlöcher geschwächten Stelle;
- γ) die Festigkeit der vernieteten Teile zwischen den letzten Nietten und dem Blechrande;
- δ) die Reibung zwischen den verbundenen Teilen;
- ε) die Festigkeit des Nietbolzens;
- ζ) der Druck zwischen dem Umfange des Nietbolzens und der Wandung des Nietloches: der Lochlaibungsdruck, und
- η) die verbiegende Wirkung auf den Bolzen.

α) Die Stärke des Nietbolzens hängt in erster Linie von der Stärke der zu vernietenden Bleche ab. Macht man die Niete zu dünn, so können sie die Bleche nicht genügend aufeinander pressen; sind sie zu stark, so üben sie infolge ihrer Längsspannung zerstörende Drücke auf die Bleche aus. Ist d der Nietdurchmesser, δ die Stärke eines Bleches, so soll $\frac{d}{\delta}$ zwischen 1,75 und 2,50 liegen, gewöhnlich 2 betragen⁸⁸⁾. Nach *Winkler* soll der Durchmesser für Träger von l Met. Länge

199.
Stärke
des
Nietbolzens.

$$d = (2 + 0,005 l) \text{ Centim.}$$

betragen.

Die für Baukonstruktionen verwendeten Nietforten beschränken sich gegenwärtig auf Durchmesser von 0,7, 1,0, 1,2, 1,5, 1,6, 1,9, 2,0, 2,3 und 2,5 cm.

Die Länge der Nietbolzen bestimmt sich aus der Dicke und Zahl der zu verbindenden Teile; jedoch sind die Vernietungen nach dem früher Gefagten so anzuordnen, daß die Schaftlänge das 4-fache des Durchmessers nicht überschreitet. Ist eine grössere Länge nicht zu umgehen, so müssen die in Art. 192 u. 194 (S. 143 u. 144) erwähnten Vorsichtsmaassregeln getroffen werden.

200.
Länge des
Nietbolzens.

β) Die Festigkeit des durch die Nietlöcher geschwächten Querschnittes der verbundenen Teile muß schon bei der Festsetzung der Abmessungen der letzteren im Auge behalten werden; denn würden sie genau den wirklichen Kräften entsprechend bemessen, so würde die Schwächung durch Nietlöcher Ueberanstrengungen hervorrufen. Streng genommen muß der Querschnitt eines Konstruktionssteiles um so viele Nietlochquerschnitte zu groß gemacht werden, wie in den Verbindungs- oder Anschlußstellen Niete in einen Querschnitt nebeneinander zu stehen kommen.

201.
Festigkeit
der
vernieteten
Teile.

Bei große Kräfte übertragenden, dicken Gliedern wird sich der Regel nach aus diesem Gesetze eine ganz unverhältnismäßige Verstärkung ergeben, wenn man versucht, die erforderlichen Niete sämtlich nebeneinander zu setzen, eine Anordnung, welche die gleichmäßige Beanspruchung aller Niete zunächst zweck-

⁸⁸⁾ Vergl. auch die nähere Besprechung unter η (Art. 206 u. 232).

mäßig erscheinen läßt. Man giebt daher letzteren Vorteil meistens auf — in vielen Fällen, beispielsweise in schmalen Bandeisen-, Winkelleisenschenkeln, ist diese Stellung auch unmöglich — und stellt die Niete in n_1 Reihen hintereinander, so daß für eine Reihe bei n Nieten überhaupt nur $\frac{n}{n_1}$ Nietlöcher für einen Querschnitt in Abzug kommen. Theoretische Erwägungen über die Spannungen in den zu verbindenden Teilen zwischen den Nietreihen haben die Ansicht entstehen lassen, daß man überhaupt nicht mehr als zwei Nietreihen hintereinander setzen dürfe; jedoch ist zu betonen, daß bislang durch die Anordnung von mehr als zwei Nietreihen hintereinander erkennbare Uebelstände nie hervorgerufen sind.

Thatächlich geht man in der Verstärkung noch weiter herunter. Bei gedrückten Teilen nimmt man gewöhnlich an, daß die Schäfte die Löcher vollkommen ausfüllen, somit durch die Niete ebenfогut Druck übertragen wird, wie durch den vollen Querschnitt selbst, und giebt daher gedrückten Teilen meist gar keine Verstärkung. Dies ist um so mehr zulässig, weil gedrückte Teile gewöhnlich erhebliche Querschnittsvergrößerungen zur Versteifung gegen Zerknicken erhalten, welche in den Anschlüssen oder in Stößen in der Nähe der Enden, wo diese Gefahr beseitigt oder vermindert ist, die Schwächung durch Nietlöcher ausgleichen.

In gezogenen Konstruktionsteilen von Bandform giebt man der theoretischen Breite auf Grund der nachfolgend nachgewiesenen Nietstellung nur einen Zuschlag von einem Durchmesser. Man setzt bei n zu übertragenden Nietkräften in die erste Reihe nur einen Niet, der eine Nietkraft überträgt, so daß hinter dem Niete noch $n - 1$ Nietkräfte wirken; diesen steht aber eine $n + 1$ Nietkräften entsprechende thatächliche Bandbreite gegenüber, so daß nun 2 Niete in eine Reihe gesetzt werden können. Nunmehr verbleiben noch $n - 3$ Nietleistungen zu übertragen; demnach können in das $n + 1$ Nietleistungen entsprechende Band nun in der dritten Reihe 4 Niete gesetzt werden u. f. w.

Diese Stellung 1, 2, 4, 8 u. f. w. muß nach vorn und hinten symmetrisch ausgebildet werden, wenn Band an Band geschlossen werden soll; wird aber ein Band an einen viel stärkeren Konstruktions teil, z. B. an ein Knotenblech, angegeschlossen, der beliebige Schwächung verträgt, so braucht die Nietstellung nur nach der Seite des Bandes hin auf einen Niet spitz auszulaufen.

Wenn diese Nietanordnung auch nicht einwandfrei ist, so ist sie doch im ganzen von den vorgeschlagenen die zweckmäßigste und meist verwendete.

Die hiernach für Bandeisenvernietung aufzustellenden Regeln lauten: die Niete sollen gleichmäßig zu beiden Seiten der Bandachse angeordnet sein und in Reihen winkelrecht zu dieser stehen, deren erste und unter den oben bezeichneten Verhältnissen auch letzte je einen Niet enthalten, während die folgenden thunlichst eine um je zwei erhöhte Nietzahl bekommen.

Bei der Verbindung breiter, gezogener Bleche kann man derartige Stellungen nicht verwenden; man ordnet hier so viele gleiche Nietreihen hintereinander an, daß das Metall zwischen den Nietlöchern der ersten Reihe nicht über bestimmte Grenzen hinaus in Anspruch genommen wird. In der ersten Reihe soll das Metall zwischen den Nietlöchern denselben Sicherheitsgrad besitzen, wie die Niete einer Reihe.

In allen diesen Fällen setzt man die Niete der einen Reihe meist hinter die Mitten der Nietabstände (Teilungen) der anderen; doch wird neuerdings nach Ver-

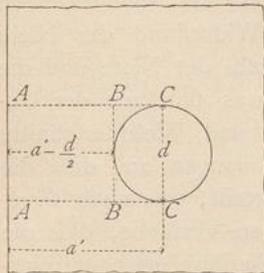
fuchsergebnissen auch befürwortet, die Niete der verschiedenen Reihen gerade hintereinander zu setzen.

Beim Anschlusse oder beim Stosse zusammengesetzter Querschnitte haben die einzelnen Teile, z. B. Winkeleisen, kleine **C**-Eisen, **T**-Eisen u. f. w., in der Regel zu geringe Breite, um mehrere Niete nebeneinander aufnehmen zu können; die jedem Teile zukommenden Niete müssen daher alle hintereinander gesetzt werden, und man hat jeden solchen Querschnittsteil um ein Nietloch zu stark auszubilden.

Der Abstand der Mitte des äußersten Nietes einer Querreihe vom Seiten- (oder unbelasteten) Rande des Bleches soll nicht kleiner als $1,5 d$ sein, da sonst der dünne, ausserhalb des Loches stehende Metallstreifen beim Herstellen des Loches zu leicht zerstört wird.

Hier mag darauf hingewiesen werden, dass die vielfachen angedeuteten Unklarheiten bezüglich der Verteilung der Spannkkräfte auf grössere Nietzahlen und die etwa unvollständig erscheinende Verstärkung genieteter Glieder ihren zu erwartenden übeln Einfluss auf die Güte der Verbindung durch den Umstand zum Teile verlieren, dass bei den Berechnungen von Nietungen die später zu erörternde Reibung der verbundenen Teile aufeinander und an den Ringflächen der Nietköpfe fast stets vernachlässigt wird, daher eine Sicherung der Verbindungen abgibt.

Fig. 416.



Teiles der Verbindung. Diese Rücksicht wird die Grundlage der nachfolgenden Formelaufstellung bilden. Die Streifen *BC* dieser Fugen werden dabei meist nicht in Rechnung gestellt, weil das zwischen ihnen und dem Loche befindliche Blech bei der Herstellung des Loches in der Regel gelitten hat.

Fig. 417.

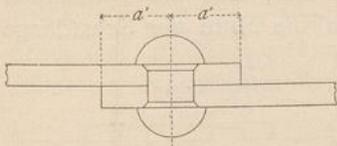


Fig. 418.

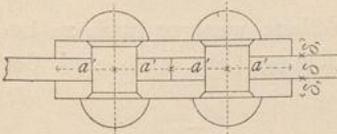
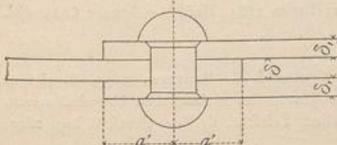


Fig. 419.



γ) Die Festigkeit des Stoffes zwischen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belasteten) Rande der Bleche ist thatsächlich von einer Beanspruchung abhängig, ähnlich der im hinteren Schlusse eines Bolzenauges. Die sehr verwickelte rechnerische Stärkenbestimmung auf dieser Grundlage führt aber zu unsicheren Ergebnissen. Man bemisst die Randbreite gewöhnlich so, dass das Abscheren in den in Fig. 416 punktierten Ebenen mit ebenso grosser Sicherheit vermieden wird, wie das Zerstören eines anderen

202.
Festigkeit
am
hinteren Rande
der Bleche.

δ) Die Reibung zwischen den Blechen untereinander und an den Kopfflächen entsteht nach der Herstellungsweise des Nietes aus dem Drucke, welchen die Köpfe infolge der Verkürzung des Nietchaftes beim Erkalten auf die Bleche ausüben. Sie beträgt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ ⁸⁹⁾ dieses Druckes, entsprechend der Reibungsziffer für nicht geglättete Eisenflächen. Sie ist um so grösser, je mehr Reibungsflächen vorhanden sind, deren jedoch für einen geschlossenen Teil eines Gliedes immer nur zwei in Frage kommen können.

203.
Reibung
zwischen den
Blechen.

Nach den Ergebnissen angestellter Versuche sind dabei die Platten in Fig. 417 (einschnittige Nietung) und die äusseren in Fig. 418 u. 419 (zweischnittige Nietung) in derselben Lage, wie die inneren in Fig. 418 u. 419, da die Reibung zwischen Blech und Nietkopf ebenso gross ist, wie zwischen zwei Blechen. Nur

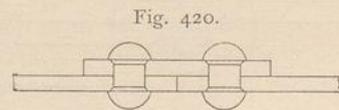
⁸⁹⁾ In: GRASHOF, F. Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. (Berlin 1878), S. 201 wird dieser Coefficient zu 0,4 angegeben.

bei sehr langen Nietten treten erhebliche Biegungen des Schaftes auf, welche dann das Auftreten der Reibung am Kopfe verhindern. Im allgemeinen hat also jede genietete Platte zwei Reibungsflächen. Für diese beiden Flächen zusammen ergeben nun die Versuche von *Clark, Harcourt, Lavalley* und *Schichau*⁹⁰⁾ eine Reibung von 700 bis 1400 kg, im Mittel etwa 1200 kg für 1 qcm des Schaftquerschnittes, und man kann daraus bei einer Reibungsziffer von 0,4 auf eine Längsspannung im Niete von im Mittel $\frac{1200}{2} \cdot \frac{1}{0,4} = 1500$ kg schließen. Dafs der Schaft bis zur Elastizitätsgrenze gereckt wird, wurde bereits in Art. 194 (S. 144) angenommen. Da diese Reibung sich jedoch bei gleich sorgfältiger Herstellung aller Probeniete außerordentlich (bis zu 100 Vomhundert) schwankend zeigte, so pflegt man bei Baukonstruktionen auf dieselbe nicht zu rechnen (wohl aber bei gewissen Konstruktionsstellen von Maschinen), sie vielmehr nur als eine Erhöhung der Sicherheit anzusehen.

204.
Festigkeit
des
Nietbolzens.

ε) Die Festigkeit des Nietbolzens ist insofern von unmittelbarem Einflusse auf diejenige der Verbindung, als nach Ueberwindung, bzw. Vernachlässigung der Reibung der Schaft in allen Berührungsebenen der Bleche abgefchert sein mufs, bevor die Trennung der Verbindung erfolgen kann. Je nachdem das Abschneiden eines (Fig. 417), zweier (Fig. 418 u. 419) oder mehrerer Nietquerschnitte Vorbedingung der Zerstörung ist, nennt man die Nietung ein-, zwei- oder mehrschnittig. Mehr als zweifchnittige Niete kommen nur da vor, wo jedes der zu verbindenden Glieder aus mehreren einzelnen Teilen besteht, welche sich alle auf denselben Bolzen hängen. Nach angestellten Versuchen⁹¹⁾ ist der Widerstand der Niete gegen dieses Abschneiden um so geringer, je gröfser die Anzahl der Niete und die Anzahl der abzuschneidenden Querschnitte jedes Nietes ist, was sich aus der Unmöglichkeit gleichförmiger Kraftverteilung auf alle Niete und Nietquerschnitte natürlich erklärt. Nimmt man zur Vereinfachung der Berechnungen an, dafs die Scherspannung sich gleichförmig über den Nietquerschnitt verteilt, was nach *Grashof*⁹²⁾ thatsächlich undenkbar ist, so ergeben die verschiedenen Versuche, dafs die Scherfestigkeit für einschnittige Niete zwischen 60 und 70 Vomhundert, für zweifchnittige zwischen 55 und 65 Vomhundert der Zugfestigkeit des Nietstoffes liegt, nach anderen bis 80 Vomhundert steigt. Keinesfalls soll man daher die Niete mit mehr gleichförmig verteilt gedachter Scherspannung belasten, als mit $\frac{4}{5}$ der zulässigen Zugbeanspruchung des Nietstoffes, da die Niete aus besonders gutem Stoffe bestehen, der Regel nach also nicht höher als mit 1000 kg für 1 qcm⁹³⁾.

Die Vernietungen sollen thunlichst so angeordnet sein, dafs die Mittelkräfte aus den Spannungen der beiden verbundenen Teile in die Mitte der Schaftlänge fallen, damit die Verbindung keine Verbiegung erleidet. Der einseitige Anschlufs, die sog. Ueberlappung (Fig. 417), und die einseitige Laschung (Fig. 420) genügen dieser Bedingung nicht, sollen also nach Möglichkeit vermieden werden. Sie sind nicht in allen Fällen zu umgehen; es ist dann gut, die Niete weniger hoch zu belasten⁹⁴⁾. Gute Anordnungen sind die doppelte Verlaschung (Fig. 418) und der doppelte Anschlufs (Fig. 419).



⁹⁰⁾ Siehe ebendaf., S. 201 — ferner: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1868, S. 450 — endlich: GLASER'S Annalen für Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

⁹¹⁾ Siehe: Mitteilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1883, Heft 3 — ferner: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 201 — endlich: GLASER'S Annalen f. Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

⁹²⁾ Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 128.

⁹³⁾ Für Preussen sind die bestehenden gesetzlichen Bestimmungen (siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 485 u. 1897, S. 313) in dieser Beziehung maßgebend, die übrigens mit denjenigen anderer Länder im wesentlichen übereinstimmen.

⁹⁴⁾ Die genaue rechnerische Behandlung solcher Verbindungen ist zu finden in: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553. — Zeitschr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., 1899, S. 249.

Sehr lange Niete erleiden starke Biegung; man soll darauf achten, daß die in größerer Zahl anschließenden Teile der verbundenen Glieder so zu einander gestellt

Fig. 421.

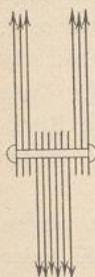
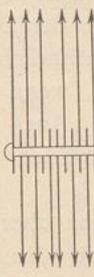


Fig. 422.



werden, daß thunlichst je zwei aufeinander liegende Teile von entgegengesetzt gerichteten Kräften beansprucht sind, da das ungünstigste Biegemoment für den Bolzen so seinen kleinsten Wert erreicht. Fig. 421 zeigt eine schlechtere, Fig. 422 eine bessere Anordnung, auf welche wir unter c (bei den Bolzenverbindungen) ausführlich zurückkommen. Uebrigens ist es notwendig, bei langen Bolzen die Biegespannungen, welche die schon vorhandenen erheblichen Längsspannungen des Schaftes vergrößern, in Betracht zu ziehen, da sie unter Umständen die größte Gefahr bilden. Bei kurzen, dicken Nieten haben sie wenig Einfluss.

ζ) Der Druck zwischen dem Umfange des Nietbolzens und der Laibung des Loches, der Lochlaibungsdruck, eine namentlich früher häufig übersehene Gefahrquelle, kann eine Verbindung lockern oder zerstören, welche in allen früher erwähnten Beziehungen richtig angeordnet wurde, und zwar dadurch, daß das Blech hinter dem Nietbolzen zerdrückt wird und seitlich ausquillt, oder dadurch, daß kleine Bewegungen der auf dem Bolzen hängenden Teile diesen allmählich anschleifen. Die Druckverteilung zwischen Bolzen und Lochwandung ist eine solche, daß sie von ihrem größten Werte im Scheitel des Bolzenquerschnittes im Sinne der Kraft- richtung bis zu Null an den Enden des zu letzterer rechtwinkligen Durchmessers abnimmt. Auch statt dieser ungleichförmigen Druckverteilung wird, wie bei der Scherbeanspruchung, in die Berechnungen eine gleichförmig über den Durchmesser verteilte Spannung eingeführt, welche nach angestellten Versuchen das Maß von $s'' = 1600$ bis 2000 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechdicke δ und Nietdurchmesser d nicht überschreiten darf⁹³⁾, wenn nicht Verdrückungen des Bleches hinter dem Niete entstehen sollen. Diese auf den Durchmesser verteilt gedachte, tatsächlich in der angenommenen Weise nicht wirkende Spannung nennt man gleichwohl Lochlaibungspressung, und sie ist namentlich bei geringer Blechstärke für die Anordnung der meisten Kraftnietungen maßgebend. Soll übrigens der Niet gegen Abfcheren und gegen Eindringen in das schwächste der verbundenen Bleche gleichficher sein, so muß entsprechend den oben festgesetzten Spannungswerten für einschneittige Nietung etwa stattfinden

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1000 = d \delta \cdot 1600,$$

oder

$$d = 2,04 \delta,$$

was wieder zu der unter a (Art. 199, S. 147) angegebenen Regel führt.

Ist die Nietung jedoch zweischnittig, so müßte stattfinden: $2 \frac{d^2 \pi}{4} 1000 = d \delta \cdot 1600$ oder rund $\delta = d$. Da δ aber fast stets kleiner als d ist, so wird man in diesem Falle die Nietzahl im allgemeinen nach dem Lochlaibungsdrucke zu bestimmen haben und die Scherfestigkeit der Niete somit nicht ausnutzen können.

Hieraus folgt für die weiteren Untersuchungen, daß ein einschneittiger Niet auf Abfcheren berechnet werden muß, wenn $d < 2 \delta$, und auf Lochlaibungsdruck, wenn $d > 2 \delta$ ist; bei zweischnittiger Nietung ist der Niet auf Abfcheren zu berechnen, wenn $d < \delta$, und auf Lochlaibungsdruck, wenn $d > \delta$ ist.

205.
Lochlaibungs-
druck.

206.
Biegung
der Bolzen.

7) Die Biegung des Nietbolzens durch die entgegengesetzte Richtung der Kräfte in verschiedenen durch den Bolzen verbundenen Teilen bildet, wie schon in Art. 204 (S. 150) hervorgehoben wurde, in vielen Fällen die für die Bolzenbemessung maßgebende Gefahr. Die Biegungsbeanspruchung wächst im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates des Durchmessers d und im geraden Verhältnisse der Blechdicke δ . In den meisten Fällen sind Lochlaibungsdruck und Biegung gefährlicher, als Abschierung, so daß der Bolzen dann am besten ausgenutzt wird, wenn er für diese beiden Arten der Beanspruchung gleich sicher ausgebildet wird. Auch diese Rücksicht führt, wie unter c (bei den Bolzenverbindungen) gezeigt werden soll, wieder zu dem in Art. 199 u. 205 festgesetzten Verhältnisse $d : \delta = \infty 2$.

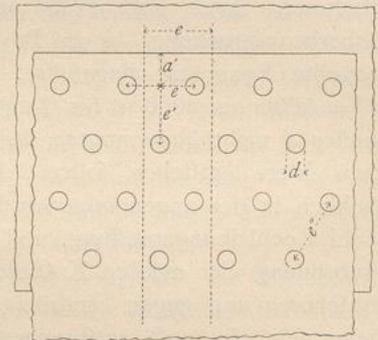
Hier verdient besonders hervorgehoben zu werden, daß eine über das wegen des Laibungsdruckes erforderliche Maß hinausgesteigerte Dicke der Teile oder Lafchen nicht als Verstärkung der Verbindung aufzufassen ist, da sie die Bolzenlänge und damit die Beanspruchung auf Biegung erhöht.

3) Berechnung der Vernietungen.

207.
Bezeichnungen.

Die Formeln für die Anordnung der Kraftnietungen ergeben sich für die verschiedenen, in Art. 199 bis 206 (S. 147 bis 152) besprochenen, in Rücksicht zu ziehenden Verhältnisse, wie folgt, wenn die zulässige Zugbeanspruchung der genieteten Teile s' , die zulässige Scherspannung derselben t' , diejenige des Nietstoffes t , der zulässige Lochlaibungsdruck s'' , die Nietzahl n , die belastende Kraft P , die Anzahl der Nietreihen n' , der Abstand von Nietmitte bis Nietmitte in einer Reihe (Nietteilung) e , derjenige der Reihen voneinander (Reihenteilung) e' , der Abstand der äußersten Nietmitten vom Seitenrande a , vom Hinterrande des Bleches a' , der Abstand eines Nietes vom nächsten der hinterliegenden Reihe e'' , die Blechstärke δ und der Nietdurchmesser d (Fig. 423) genannt werden.

Fig. 423.



208.
Durchmesser
und Zahl
der Nieten.

a) Nietdurchmesser und Nietzahl. Für den Durchmesser des Nietbolzens ist für gewöhnlich

$$d = 2 \delta; \dots \dots \dots 112.$$

für starke Bleche ist in der Regel d nicht größer als 2,5 cm.

Die Zahl der Niete ist so zu bestimmen, daß die Abschierungsfestigkeit aller Niete gleich P ist. Ist aber $d > 2 \delta$ für einschnittige Nietungen und $d > \delta$ für zweischnittige, welches letztere Verhältnis in fast allen Fällen eintritt, so wird der Lochlaibungsdruck s'' zu groß (vergl. den Schluß von Art. 205, S. 151); die Nietzahl muß alsdann nach letzterem bestimmt werden.

Es wird

$$n = P \frac{4}{d^2 \pi t} \text{ für einschnittige Niete, } d \geq 2 \delta; \dots \dots \dots 113.$$

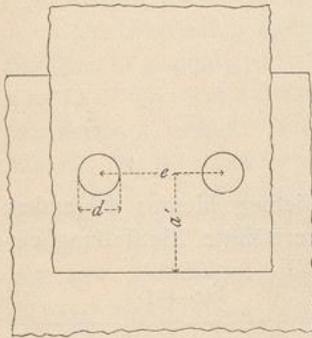
$$n = P \frac{2}{d^2 \pi t} \text{ für zweischnittige Niete, } d \geq \delta; \dots \dots \dots 114.$$

$$n = \frac{P}{d \delta s''} \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Niete, wenn } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Niete, wenn } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 115.$$

β) Festigkeit des Bleches zwischen den Löchern einer einreihigen Nietung (Fig. 424). Diese ist maßgebend für die Teilung e . Die Tragfähigkeit des Bleches zwischen zwei Nietlöchern beträgt $s' \delta \left(e - 2 \frac{d}{2} \right)$, die des Nietes $\frac{d^2 \pi}{4} t$

209.
Festigkeit
in einer
Nietreihe.

Fig. 424.



für einschnittige, $\frac{d^2 \pi}{2} t$ für zweischnittige Nietung und

$d \delta s''$, wenn die Nietzahl mit Rücksicht auf Lochlaibungsdruck berechnet werden mußte. Die Tragfähigkeit des Bleches bei ein- und zweischnittiger Nietung ist in einer beide Arten vereinigenden Verbindung (Fig. 418 u. 419) für den einfachen und den doppelten Teil die gleiche, wenn das zweischnittig genietete Blech doppelt so stark ist, wie das einschnittig genietete, also unter der Bedingung, daß $\delta = 2 \delta_1$.

Die Gleichungen für e lauten also:

$$\delta (e - d) s' = \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 116.$$

$$\delta (e - d) s' = \frac{d^2 \pi}{2} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 117.$$

$$\delta (e - d) s' = d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 118.$$

Die Lösungen lauten:

$$e = d \left(1 + \frac{\pi t d}{4 s' \delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 119.$$

$$e = d \left(1 + \frac{\pi t d}{2 s' \delta} \right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 120.$$

$$e = d \left(1 + \frac{s''}{s'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 121.$$

In diesen Gleichungen kann meist, wegen der besonderen Güte des Nietstoffes, $t = s'$ und für die meisten Fälle $s'' = 1,5$ bis $2,0 s'$ gesetzt werden.

Wäre z. B. in Fig. 419, wo offenbar die Außenteile einschnittig, der Innenteil zweischnittig genietet sind, unter Einführung von $s' = t$, $s'' = 1,5 s'$ und $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, so ergäbe sich, wenn man zwischen den Blechstärken mittelnd $d = 1,5 \delta$ machte, $d = 3 \delta_1$; alsdann wäre für die äußeren Bleche in die Formeln δ_1 für δ einzuführen, und es ergäbe sich für die äußeren Bleche, da $d > 2 \delta_1$, nach Gleichung 121: $e = 2,5 d = 2,5 \cdot 3 \delta_1 = 7,5 \delta_1 = 3,75 \delta$ und für das innere, zweischnittig genietete Blech, da $d > \delta$, gleichfalls $e = 2,5 \cdot 1,5 \delta = 3,75 \delta$.

Wäre dagegen, was meist der Fall ist, $\delta_1 > \frac{\delta}{2}$, etwa $= 0,7 \delta$, und dann, wie gewöhnlich, $d = 2 \delta_1 = 1,4 \delta$, so würde für den einschnittig genieteten Außenteil nach Gleichung 119

$$e = 2 \delta_1 \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right), \text{ oder } e = 5,14 \delta_1 = \text{rund } 3,6 \delta$$

und für den zweischnittig genieteten Innenteil nach Gleichung 121

$$e = 2,5 \cdot 1,4 \delta = 3,5 \delta$$

sich ergeben; das größere beider Maße muß ausgeführt werden.

Wie schon oben angedeutet, müssen die Gleichungen 119 u. 120 für den Fall $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, wenn also in die Gleichung 119: $\frac{\delta}{2}$ statt δ eingeführt wird, beide dasfelbe ergeben; denn die Hälfte des Mittelteiles ist dann gleich mit einem Aufsenteile.

Es liegt in der Natur der Sache, dafs in der Nietung die Festigkeit des vollen Bleches unmöglich gewahrt bleiben kann; der Grad der Festigkeit der Vernietung wird gemessen durch $f = \frac{e-d}{e}$, also im zweiten der obigen Beispiele für die Aufsenteile durch

$$f = \frac{5,14 \delta_1 - 2 \delta_1}{5,14 \delta_1} = 0,61$$

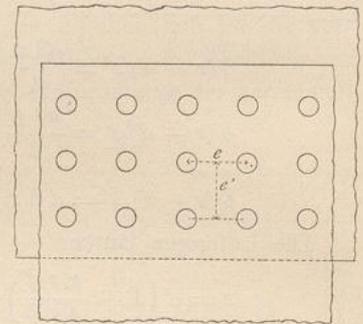
und für den Innenteil durch

$$f = \frac{3,6 \delta - 1,4 \delta}{3,6 \delta} = 0,61.$$

Zum Zwecke der Vermeidung der bei einreihiger Nietung hieraus folgenden, übermäfsigen Verbreiterung der Teile ist die schon oben erwähnte Nietstellung eingeführt, welche die Nieten in mehrere Reihen, und zwar in die erste und letzte je einen Niet und in die nach der Mitte zu folgenden Reihen thunlichst je zwei Nieten mehr, setzt, und bei der man den Stab dann nur um d gegen den theoretischen Querschnitt verbreitert.

Wird der Wert f bei einreihiger Nietung zu klein, oder ist es überhaupt unmöglich, n Nieten in der Breite b unterzubringen, so geht man zur mehrreihigen Nietung der Reihenzahl n' über (Fig. 423 u. 425). Alsdann werden n' Nieten in die Teilungsbreite geschlagen; folglich sind die Gleichungen für e :

Fig. 425.



$$\delta s' (e - d) = n' \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 122.$$

$$\delta s' (e - d) = 2 n' \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad \dots \quad 123.$$

$$\delta s' (e - d) = n' d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung } d > \delta. \end{array} \right\} \dots \quad 124.$$

Die Lösungen lauten:

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi t d}{4 s' \delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 125.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi t d}{2 s' \delta} \right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad \dots \quad 126.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n' s''}{s'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots \quad 127.$$

Für das erste obiger Beispiele ist für eine dreireihige Nietung und für die oben angegebenen Spannungsverhältnisse $n' = 3$, $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$ und $d = 1,5 \delta = 3 \delta_1$, also für die Aufsenteile nach Gleichung 127: $e = 3 \delta_1 (1 + 3 \cdot 1,5) = 16 \delta_1 = 8,25 \delta$ und für den Innenteil nach Gleichung 119: $e = 1,5 \delta (1 + 3 \cdot 1,5) = 8,25 \delta$. Im zweiten Beispiele wird $n' = 3$, $\delta_1 = 0,7 \delta$ und $d = 2 \delta_1 = 1,4 \delta$, also für die Seitenteile nach Gleichung 125: $e = 2 \delta_1 \left(1 + \frac{3 \pi}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right) = 11,42 \delta_1 = 11,42 \cdot 0,7 \delta = \text{rund } 8 \delta$ und für den Mittelteil nach Gleichung 127: $e = 1,4 \delta (1 + 3 \cdot 1,5) = 7,7 \delta = 11 \delta_1$.

Der Sicherheitsgrad $f = \frac{e-d}{e}$ ist im zweiten Beispiele für die Aufsenteile $\frac{11,42 \delta_1 - 2 \delta_1}{11,42 \delta_1} = 0,825$, für den Innenteil $\frac{8 \delta - 1,4 \delta}{8 \delta} = 0,867$.

Der höchste zulässige Wert für e in aufeinander liegenden, nicht sehr steifen Teilen ist $e = 8d$ bis $10d$, da bei weiterer Stellung der Niete namentlich schwache Bleche zwischen den Nieten voneinander klaffen und so dem Roste eine sehr gefährliche Angriffsstelle bieten. Mit der Blechstärke und allgemein mit der Steifigkeit der Teile nimmt diese Grenze für e ab.

Der Abstand a der Mitte des letzten Nietes vom Seitenrande des Bleches muß statisch $0,5 e$ betragen. Ist dieser Wert aber kleiner als $1,5 d$, so macht man $a = 1,5 d$, da man zur Herstellung des Loches aufsen eines Blechstreifens etwa von der Breite d bedarf. Andererseits hält man als obere Grenze für a den Wert $2,5 d$ fest, da die Blechränder aufklaffen, wenn die ersten Niete zu weit vom Rande stehen.

γ) Die Festigkeit des Bleches zwischen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belasteten) Blechrande muß das Ausfchern des Nietes nach Fig. 416 verhindern. Der zulässige Widerstand des Bleches ist $2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t'$, und die Gleichungen, welche durch gleiche Sicherheit gegen Abfchern im Bleche und Abfchern des Nietes einerseits, Lochlaibungsdruck andererseits bedingt werden, lauten:

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad . \quad . \quad 128.$$

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = 2 \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für zweifchnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad . \quad . \quad 129.$$

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Nietung, } d > \delta, \end{array} \right\} . \quad . \quad 130.$$

oder:

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad . \quad . \quad 131.$$

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{4} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \quad \text{für zweifchnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad . \quad . \quad 132.$$

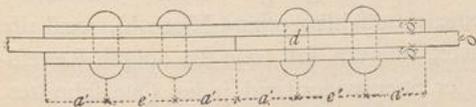
$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} . \quad . \quad 133.$$

Hierin kann gewöhnlich $\frac{t}{t'} = \frac{5}{4}$ und $\frac{s''}{t'} = 1,0$ gesetzt werden.

Im zweiten der obigen Beispiele wird für die Aufsenteile (siehe Fig. 419) nach Gleichung 131 $a' = 2 \delta_1 \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{5}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right) = 2,96 \delta_1$; ferner wird für den Innenteil nach Gleichung 133

$a' = 1,4 \delta \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} 1,0 \right) = 2,03 \delta = 2,03 \frac{\delta_1}{0,7} = 2,9 \delta_1$. Unter Umständen kann a' in verschiedenen Teilen einer Verbindung sehr verschiedene Werte annehmen.

Fig. 426.



find (Fig. 425 u. 426); für solche muß offenbar $e' = a' + \frac{d}{2}$ sein, und die entsprechenden Gleichungen lauten daher:

210.
Festigkeit
am hinteren
Blechrande.

Dieser Randabstand kommt auch bei den mehrreihigen Nietungen für den Reihenabstand e' (Fig. 425) in Frage, wenn die Niete in den Reihen nicht versetzt

$$e' = d \left(1 + \frac{\pi}{8} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 134.$$

$$e' = d \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für zweifchnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 135.$$

$$e' = d \left(1 + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und } \left. \begin{array}{l} \text{für zweifchnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 136.$$

Sind jedoch die Niete in den Reihen veretzt, wie in Fig. 423, so fällt diese Rücksicht weg; man macht dann meist $e'' = e$, also $e' = 0,866 e$. Das mit Bezug auf die Herstellung der Löcher einzuhaltende geringste Maß von e' ist $2,5 d$, welches Maß dann ausgeführt wird, wenn die Formeln kleinere Werte ergeben.

211.
Reibung
zwischen den
Blechen.

δ) Die Reibung der Bleche aufeinander, welche nach dem in Art. 203 (S. 149) Gefagten auch bei einschnittigen Nietungen (Fig. 417 u. 420) in zwei Ebenen für jedes Blech auftritt und unter dieser Bedingung bei sorgfältiger Ausführung im Mittel 1200 kg für 1 qcm des Nietquerschnittes beträgt, kommt nur bei solchen Verbindungen in Rechnung, welche auch bei unvollständiger Ausfüllung der Löcher durch die Niete nicht nachgeben dürfen. Solche Teile (Hängestangen für Decken, Gefänge etc.) werden so berechnet, daß die Reibung in dem Augenblicke überwunden wird, in welchem im Bleche die Elastizitätsgrenze s_e erreicht wird. Dies führt zur Gleichung für die Nietzahl

$$n = P \frac{1}{300 d^2 \pi}, \dots 137.$$

und für die Teilung

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1200 = (e - d) \delta s_e,$$

oder

$$e = d \left(1 + \frac{300 \pi d}{s_e \delta} \right), \dots 138.$$

also für $\delta = \frac{d}{2}$ und s_e (für gewöhnliches Schmiedeeisen) = 1500 kg auf 1 qcm

$$e = 2,25 d. \dots 139.$$

Für diese Nietungen muß die Teilung im allgemeinen etwas enger sein, als wenn die Scherfestigkeit der Niete in Betracht gezogen wird.

Unter Benutzung der Formel 138 kann hier die unter β angewendete Behandlung von ein- und mehrreihigen Nietungen gleichfalls durchgeführt werden.

Nietstellungen in Reihen, deren Nietzahl 1 in der ersten und letzten um je 2 in jeder Reihe nach der Mitte, bzw. dem Ende zunimmt, werden hier nicht verwendet, weil die Nietverteilung zur Erzielung gleichmäßiger Reibung über die ganze Fugenfläche gleichförmig sein muß.

212.
Festigkeit
des
Nietbolzens.

ε) Die Festigkeit des Nietbolzens ist in den obigen Formeln bereits dadurch genügend berücksichtigt, daß seine Scherfestigkeit, oder der zulässige Umfangsdruck der Abmessung der Nietteilung zu Grunde gelegt wurde. Vorteilhaft für die Festigkeit des einzelnen Bolzens ist eine thunlichst geringe Nietzahl, weshalb man bei Kraftnietungen den Durchmesser so weit steigern soll, wie die obigen Regeln erlauben. In zweifchnittigen Nietungen wird der Scherwiderstand jedes Querschnittes bei guter Ausführung nur mit 90 Vomhundert desjenigen der einschnittigen Nietung angegeben, weil es nicht möglich ist, beide Querschnitte ganz gleich zu beanspruchen.

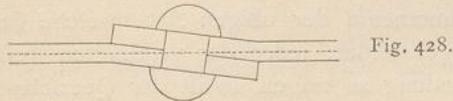
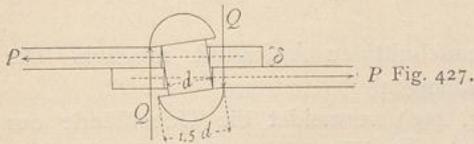
ζ) Der Druck zwischen Bolzenumfang und Lochlaibung, dessen Steigerung über ein bestimmtes Maß (höchstens 2000 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechstärke und Bolzendurchmesser) unzulässig ist, wurde durch obige Formelaufstellung für alle Abmessungen berücksichtigt, kommt aber nur in Frage, wenn das Verhältnis $\frac{d}{\delta}$ groß ist.

213.
Druck
am Bolzen-
umfang.

4) Nietverbindungen.

α) Der einseitige Anschluss. Fig. 417, 427 u. 428 zeigen diese Verbindung für zwei schmale Stäbe unter der Last P . Es entsteht ein Drehmoment $P\delta$, welches bei schlotternden Nieten (Fig. 427) durch Verdrehen dieser und einseitiges Anlegen ihrer Köpfe ein Gegenmoment $Q \cdot 1,5 d$ erzeugt, das so lange wächst, bis beide sich

214.
Einseitiger
Anschluss.



aufheben. Hiernach ist $Q = \frac{P\delta}{1,5 d}$, und

der Niefschaft wird im Kopfanfatze vom Moment $\frac{P\delta}{1,5 d} \cdot \frac{1,5 d}{2} = \frac{P\delta}{2}$ gebogen

und von der Kraft $\frac{P\delta}{1,5 d}$ gezogen. Die

Biegungsspannung σ_1 folgt aus $\frac{P\delta}{2} = \frac{\sigma_1 d^3 \pi}{32}$ mit $\sigma_1 = \frac{16 P\delta}{\pi d^3}$, und die Zug-

spannung σ_2 aus $\frac{P\delta}{1,5 d} \cdot \frac{1}{\frac{d^2 \pi}{4}} = \frac{8 P\delta}{3 \pi d^3}$. Im Niet entsteht also eine Zuschlag-

spannung $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{56 P\delta}{3 \pi d^3}$, oder für $\delta = \frac{d}{2}$ ist $\sigma = \frac{28 P}{3 \pi d^2}$. Der Niet ist auf $P = \frac{d^2 \pi}{4} t$ berechnet; ferner wird

$$\sigma = \frac{28}{3 \pi d^2} \frac{d^2 \pi}{4} t = \frac{7}{3} t.$$

Die Schubspannung t ist der Regel nach zu $\frac{4}{5}$ der zulässigen Zugspannung s' anzusetzen; demnach ergibt sich $\sigma = \frac{7}{3} \cdot \frac{4}{5} s' = \frac{28}{15} s'$ oder beinahe $= 2 s'$.

Ein schlotternder Niet wird nun zwar eben wegen dieses Zustandes keine wesentliche Längsspannung aus der Erkaltung besitzen; immerhin ist aber die oben nachgewiesene Beanspruchung eine sehr gefährliche.

Schlottern die Niete nicht, füllen sie vielmehr das Loch ganz aus, oder ist infolge der oben nachgewiesenen Spannungen ein Nietkopf verbogen oder abgepresst, so wirkt nun das Moment $\sigma \delta$, allmählich abnehmend, bieugend auf die Bleche ein, bis die beiden P in eine Gerade fallen. Als Breite des Stabes kann das Teilungsmaß e einer breiteren Nietung eingeführt werden. Die Biegungsspannung im Bleche σ ergibt sich aus $\frac{\sigma e \delta^2}{6} = P\delta$ zu $\sigma = \frac{6 P}{e \delta}$. Wegen der notwendigen Festigkeit des Stabes ist in der Nietung

$$P = \delta (e - d) s', \text{ also } \sigma = \frac{6 \delta (e - d) s'}{e \delta} \text{ oder } \sigma = 6 s' - 6 s' \frac{d}{e}.$$

Nun ist nach Gleichung 119, wenn $t = s'$ gesetzt wird, $e = d \left(1 + \frac{\pi d}{4 \delta}\right)$, somit

$$\sigma = 6 s' \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\pi}{4} \frac{d}{\delta}} \right).$$

Wird fönach der Mittelwert $\frac{d}{\delta} = 2$ eingeführt, fo ergibt sich

$$\sigma = 3,66 s'.$$

Durch die Biegung allein wird demnach die zulässige Beanspruchung s' im Stabe weit überschritten. Wenn nun auch keiner der Grenzfälle in Fig. 427 u. 428 wirklich auftritt⁹⁵⁾, sondern eine Vereinigung beider, welche die beiden berechneten Spannungen jede nur zum Teile hervorruft, fo muß doch die in Rede stehende Verbindung zur Uebertragung großer Kräfte als bedenklich bezeichnet und soll auf diejenigen Fälle beschränkt werden, in denen sie wegen niedriger Beanspruchung der Teile unbedenklich ist.

Auch mehrreihige Nietung ist beim einschnittigen Anschlusse möglich. Die Anordnung ergibt sich aus den obigen Gleichungen.

275.
Zweiseitiger
Anschluß.

β) Der zweiseitige Anschluß (Fig. 419) vermeidet die Uebelstände des einseitigen; denn wenn man die Verbindung in der Mittelebene durchschneidet, so entstehen in den beiden Hälften zwei Drehmomente der obigen Art, welche sich gegenfeitig aufheben. Hat, wie es die Regel bildet, jeder der vereinigten Teile dieselbe Kraft P zu beiden Seiten der Verbindung zu tragen, so ist der Querschnitt beider Teile theoretisch gleich zu machen; dabei wird aber die Stärke der einzelnen Teile des doppelten Gliedes für die Ausführung meist zu gering, und man macht daher (Fig. 416) die Stärkesumme des doppelten Teiles $2\delta_1$ etwas größer, als die Stärke δ . Die Nietung kann einreihig und mehrreihig sein. Wenn jedoch die Abmessungen für die einschnittig angeschlossenen Teile des Doppelgliedes andere werden, als für den zweiseitig angeschlossenen Mittelteil, so muß man, da verschiedene Anordnungen in den verschiedenen Teilen wegen der durchgehenden Niete unmöglich sind, diejenigen Maße für alle Teile durchführen, welche für den einen Teil genügen, dem anderen zu große Stärke geben.

Von den obigen Formeln sind für die Aufsenteile die für einschnittige, für die Innenteile die für zweiseitige Nietungen aufgestellten maßgebend. Die Wiederholung dieser Verbindung giebt schließlich die symmetrische Vereinigung vielteiliger Glieder nach Fig. 419, bei welcher auch die Aufsenglieder als einschnittig, die Innenglieder als zweiseitig angeschlossen zu betrachten sind. Haben die vereinigten Teile ungleiche Kräfte zu übertragen, so muß die Vernietung nach den die größten Kräfte enthaltenden bemessen werden, was für die schwächeren dann leicht recht ungünstige Verhältnisse bedingt.

Da jedoch die einzelnen Bolzen in solchen vielteiligen Verbindungen sehr lang werden, so ist in derartigen Fällen in der Regel die Verwendung von Schraubenbolzen vorzuziehen, deren Stärkenbemessung für solche Fälle unter c besprochen wird.

276.
Einseitige
Verlascung.

γ) Die einseitige Verlaschung (Fig. 420) ist nur eine zweifache Aneinanderreihung des einseitigen Anschlusses und hat daher dieselben Nachteile, kann übrigens in derselben Weise berechnet werden wie dieser. Diese Art der Verbindung ist gleichfalls auf untergeordnete und die unvermeidlichen Fälle zu beschränken.

⁹⁵⁾ Dafs diese Untersuchungen nicht streng richtig und zu ungünstig sind, wurde mehrfach nachgewiesen. Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553. — Zeitschr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., 1899, S. 249.

δ) Die doppelte Verlafchung (Fig. 418) ist wieder frei von den gerügten Mängeln, da sie zur Mittellinie symmetrisch ist. Auch sie kann einreihig oder mehrreihig (Fig. 423) nach den obigen Formeln ausgeführt werden. Theoretisch müßte die Stärke der Lafchen zusammen gleich derjenigen des Bleches sein; in der Regel wird aber δ_1 etwas größer als $\frac{\delta}{2}$ gemacht.

217.
Doppelte
Verlafchung.

Beispiel. Ein Flacheisenband von der Dicke $\delta = 1,5$ cm soll mit doppelten Lafchen von der Dicke $\delta_1 = 1,0$ cm und Nieten vom Durchmesser $d = 2,0$ cm an ein $1,5$ cm starkes Knotenblech angegeschlossen werden; die Belastung beträgt 21000 kg. Die Spannungswerte seien angenommen mit $s' = 700$ kg für 1 qcm, $t = s'$, $\frac{s''}{s'} = 1,5$, $\frac{s'''}{t'} = 1,9$ und $\frac{t}{t'} = \frac{1,9}{1,5} = \text{rund } \frac{5}{4}$.

218.
Beispiel.

Die theoretische Stabbreite beträgt $b = \frac{21000}{700} = 30$ cm. Die Nietzahl für die Lafchen ergibt sich nach

$$\text{Gleichung 113: } n = \frac{4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 21000}{2^2 \cdot 3,14 \cdot 700} = 4,8, \text{ für das Blech nach Gleichung 115: } n = \frac{21000}{2 \cdot 1,5 \cdot 1100} = 6,4.$$

Demnach müssen 7 Niete gesetzt werden. Thatächlich betragen die Scherspannung im Niete nur $\frac{21000 \cdot 4}{2^2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 2} = 478$ kg und der Lochlaibungsdruck $\frac{21000}{7 \cdot 2 \cdot 1,5} = 1000$ kg. Werden in die Formeln gleichwohl die obigen Verhältniszahlen eingeführt, so wird die Verbindung in allen Teilen auf ermäßigte Spannungen, aber mit überall gleicher Sicherheit konstruiert. 7 Niete in eine Reihe zu setzen ist nicht angängig, da die Verbreiterung dadurch zu groß würde; deshalb wird zweireihige Vernietung ($n' = 2$) angenommen.

In den Lafchen ist dann nach Gleichung 125: $e = 2 \left(1 + \frac{2 \cdot 3,14}{4} \cdot 1 \cdot \frac{2}{1} \right) = 8,28$ cm, im Bleche nach Gleichung 127: $e = 2 (1 + 2 \cdot 1,5) = 8$ cm; daher wird $e = 8,3$ cm sein müssen, und die wirkliche Breite, wenn 4 und 3 Niete in je eine Reihe kommen, $4 \cdot 8,3 = 33,2$ cm.

Der hintere Randabstand a' der Lafchen wird nach Gleichung 131: $a' = 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{3,14}{8} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{1} \right) = 2,96$ cm und derjenige im Bleche nach Gleichung 125: $a' = 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot 1,9 \right) = 2,9$ cm; der Randabstand wird also überall mit dem Mindestmaße $1,5$ $d = 3$ cm ausgeführt. Der Reihenabstand wird in den Lafchen nach Gleichung 134: $e' = 2 \left(1 + \frac{3,14}{8} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{1} \right) = 3,96$ cm, im Bleche nach Gleichung 136: $e' = 2 (1 + 2 \cdot 1,9) = 3,9$ cm. Beide sind kleiner als $2,5$ d ; hier wird also das Mindestmaße $e' = 2,5$ $d = 2,5 \cdot 2 = 5$ cm ausgeführt.

Demnach ergeben sich die Verhältnisse, wie sie Fig. 429 darstellt. Der Sicherheitsgrad der Verbindung ist nach der Formel $f = \frac{e-d}{e} = \frac{8,3-2}{8,3} = 0,76$, gegenüber der theoretischen Stabbreite von 30 cm jedoch $\frac{33,2-4 \cdot 2}{30} = 0,84$.

Nach der Nietordnung mit wachsender Zahl der Niete in den Reihen würde man hier nach der Folge 1, 2, 3, 2 unter Zugabe eines Nietes oder nach 2, 3, 2 zu setzen haben. Die Stabbreite wird dabei $30 + d = 32$ cm gewählt, und wegen der Nietzahl 3 in einer Reihe bei dem größten Randabstande von 5 cm = $2,5$ d ergäbe sich eine Teilung von $\frac{32-10}{2} = 11$ cm, also größer, als die aus der Formel folgende. Nach den übrigen oben bestimmten Maßen ergeben sich die beiden Nietungen in Fig. 430 u. 431, von denen die letztere den Uebergang zur dreifachen Reihennietung bildet.

Die Reihe der gewöhnlichen Nietverbindungen ist hiermit abgeschlossen; es bleibt nur noch etwas über die Verbindungen nicht ebener Teile hinzuzufügen.

Verbindungen für Blechrohre werden meist mit einseitiger Verlafchung oder einseitigem Anschlusse, genau nach den obigen Regeln, sowohl in der Quer-, wie in den Längsfugen, unter Berücksichtigung der etwa in beiden verschiedenen Kraftwirkungen hergestellt. Doch ist vor dieser Art der Stofsausbildung zu warnen, wenn erhebliche Kräfte wirken, wie in Kesselwandungen, in der Wand großer cylindrischer

219.
Verbindung
von
Rohren.

Fig. 429.

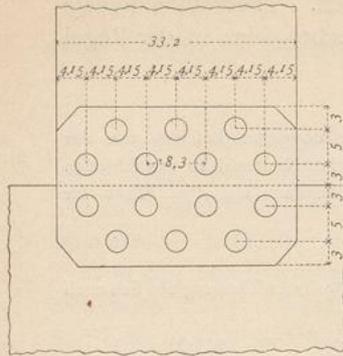


Fig. 430.

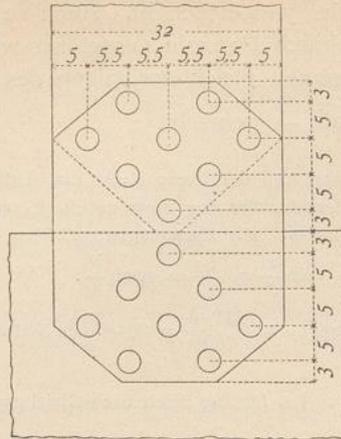
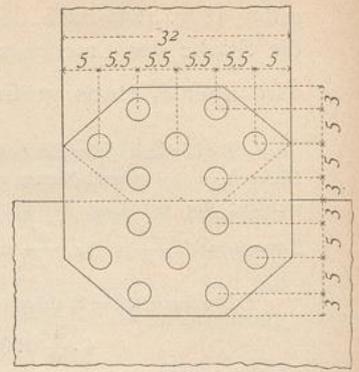


Fig. 431.



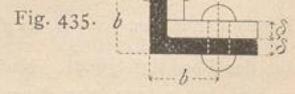
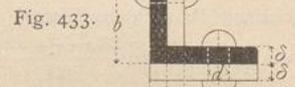
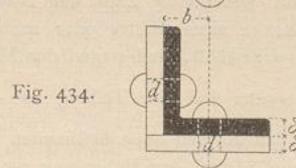
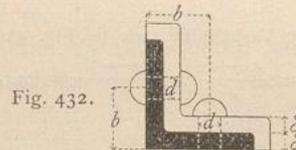
Wasserbehälter u. f. w. In solchen Fällen sollte man ausschließlich doppelte Ver-
lafchung verwenden.

220.
Verbindung
von
Formeisen.

Formeisen können fast durchweg nur dadurch verbunden werden, daß man
jeden einzelnen Teil mittels geforderter Blechstreifen einseitig oder zweiseitig ver-
lafcht, wobei dann die Verlafchung zweckmäÙig für jeden Teil gefondert berechnet wird.
Die Teile folcher Querschnittsformen sind jedoch meist so schmal, daß nicht mehrere
Niete nebeneinander in ihnen Platz finden; man ist dann gezwungen, alle für einen
Teil erforderlichen Niete in eine Linie hintereinander zu setzen.

Am häufigsten kommen Winkeleisenverbindungen vor, welche nach Fig. 432
bis 435 auf vier verschiedene Weifen ausgeführt werden können.

Von diesen ist die Verbindung in Fig. 432 die stärkste, aber wegen der hohen Kosten der be-
sonders zu walzenden Formlafche nur höchst selten. Die nächstbeste ist die in Fig. 434, da die Lafchen
sich auf die ebenen Winkeleisenflächen legen, stärker sind als das Winkeleisen und einen kurzen Abstand b
(Wurzelmafs) der Niete von der Winkel-
eisen-Aufsenecke gestatten. Alsdann folgt
zunächst die Verbindung in Fig. 433,
welche die angeführten Vorteile wenig-
stens für einen Schenkel wahrt und dann
an die Stelle der Anordnung in Fig. 434
treten muß, wenn der zweite Schenkel
an einem anderen Konstruktionsteile an-
liegt; das Wurzelmafs b muß hier in
dem außen verlafchten Schenkel wegen
der Innenlafche des anderen Schenkels
in ungünstiger Weise vergrößert werden,
was in beiden Schenkeln geschieht, weil
man einerseits verschiedene Wurzelmaße
in den Schenkeln zu vermeiden sucht,



andererseits ein kurzes Wurzelmafs in dem innen verlafchten Schenkel höchst ungünstige Nietstellung in der
Innenlafche hervorriefe. Am wenigsten gut, aber dann oft nicht zu umgehen, wenn das Winkeleisen an zwei
anderen Teilen anliegt (d. h. in Eckverbindungen), ist die Verbindung in Fig. 435, da von allen für Fig. 434
angeführten Vorteilen hier das Gegenteil eintritt. Die Lafchen müssen hier dicker gemacht werden, als die
Schenkel, also $\delta_1 > \delta$. Was die Nietstellung anlangt, so setzt man die Niete des einen Schenkels auf die
Mitten oder Viertel der Teilung des anderen, weil einander gegenüber stehende Niete oft gar nicht Platz
haben, jedenfalls nur mit Mühe eingebracht und schlecht ausgebildet werden können. Da ein Niet in einem
Schenkel das Winkeleisen um so unffymmetrischer macht und die Kraftübertragung um so weiter vom

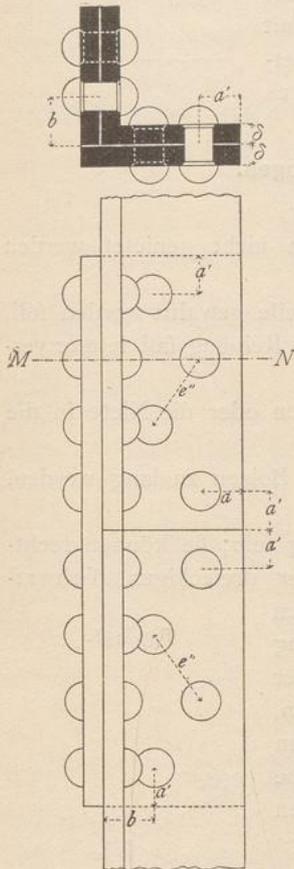
Schwerpunkte verlegt, je näher der Niet dem Aufsenrande fitzt, fo foll das Wurzelmafs fo klein wie möglich gewählt werden, und zwar ift zu machen:

$b = 1 + \delta + 0,75 d$, wenn keine Lafche im Winkeleifen liegt (Fig. 434) 140.

$b = 1 + \delta + \delta_1 + 0,75 d$, wenn eine oder zwei Innenlafchen da find (Fig. 432, 433 u. 435) . . . 141.

Soll z. B. ein Winkeleifen von $10 \times 10 \times 1,4$ cm nach Fig. 434 mit 2,5 cm Nietdurchmesser verlafcht werden, fo ift das zugehörige Wurzelmafs $b = 1 + 1,4 + 0,75 \cdot 2,5 =$ rund 4,3 cm. Soll aber die Verlafchung nach Fig. 435 mit 1,6 cm starken Lafchen erfolgen, fo wird das Wurzelmafs $b = 1 + 1,4 + 1,6 + 0,75 \cdot 2,5 = 5,9$ cm.

Fig. 436.
Schnitt M N.



Handelt es sich nun aber um fehr breite Winkeleifen (Fig. 433), fo rücken die Niete nach diefer Bemeffung des Wurzelmafes fo nahe nach der Ecke, dafs die Lafchen aufsen abklaffen; man giebt dann dem einen Niete das vorgeschriebene Wurzelmafs und fetzt den nächften um $1,5 d$ vom Aufsenrande. Dabei ftellt man, wenn nicht befondere Rückfichten eine bestimmte Teilung vorfchreiben, zwei benachbarte in die fchräg gemeffene Entfernung $e'' = 3 d$ (Fig. 436, Grundrifs); alsdann muß ein äußerer Niet des einen einem innären des anderen Schenkels gegenüberftehen, da fonft die Ausbildung unmöglich wird (Fig. 436, Schnitt M N).

Soll auf diefe Weife ein Winkeleifen von $13 \times 13 \times 1,4$ cm mit Nieten von 2,5 cm Durchmesser verlafcht werden, welches nach Abgang eines Nietloches mit 800 kg auf 1 cm belaftet ift, fo ift die für einen Schenkel zu übertragende Kraft $\frac{(13 + 13 - 1,4 - 2,5)}{2} 1,4 \cdot 800 = 12376$ kg. Nach Gleichung 113 ift für einen Schenkel

$$n = \frac{12376 \cdot 4}{2,5^2 \cdot 3,14 \cdot 700} = 3,7, \text{ also } n = 4.$$

Das Wurzelmafs b wird $1 + 1,4 + 0,75 \cdot 2,5 = 4,3$ cm, der Randabftand $a' = 1,5 \cdot 2,5 = 3,8$ cm, der Abftand $e'' = 3 d = 7,5$ cm und der hintere Randabftand a' nach Gleichung 131

$$a' = 2,4 \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{5}{4} \frac{2,5}{1,4} \right) = 3,5 \text{ cm.}$$

Diefes Wurzelmafs, welches fich für eine Verbindungsftelle ergibt, bleibt, um die Teilung auf einer Geraden zu behalten, für das ganze Winkeleifen maßgebend. Ift keine Verbindungsftelle da, wird z. B. ein durchlaufendes Winkeleifen an ein Blech genietet, fo beftimmt fich das Wurzelmafs ftets nach Gleichung 140. Die zweireihige Nietenung (Fig. 436) beginnt bei Winkeleifen zweckmäßig erst von 12 cm Schenkelbreite an.

Die obigen Regeln können auch auf die Herftellung von Eckverbindungen zweier Bleche mittels Winkeleifen übertragen werden (fiche Kap. 3, unter a).

Auch die Vernietung anderer Formeifen erfolgt nach Grundfätzen, welche aus den obigen zu entnehmen find; nur tritt bei einigen auch die doppelte Lafchung auf. So würde man ein I-Eifen auf jedem Flanfch einfeitig, den Steg zweifseitig verlafchen. Solche Verbindungen anderer Formeifen als Winkeleifen find jedoch höchft felten.

Eine befondere Art von Vernietung ift noch zu erwähnen, nämlich die Vernietung mit Stehnieten, welche zur Verbindung von nicht unmittelbar aufeinander liegenden Teilen verwendet wird, jedoch zur Uebertragung von Kräften thunlichft nicht herangezogen werden foll. Die Niefschäfte werden fehr lang und haben fonach, wenn fie Kräfte übertragen follten, höchft ungünstige Biegungsspannungen zu erleiden. Um den vorgeschriebenen Abftand der Teile, welcher beim Stauchen des ohne weiteres eingefetzten Nietes durch völliges Zerquetfchen des Schaftes zwifchen den Teilen verloren gehen würde, zu wahren, fetzt man zunächft einen Ring mit dem

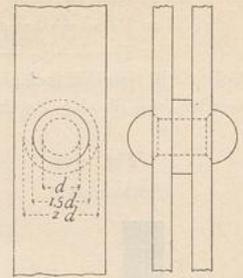
221.
Verbindung
mit
Stehnieten.

äußeren Durchmesser $2d$ und dem inneren Durchmesser d oder ein gelochtes Blechstück so zwischen die Teile, daß die drei Löcher sich decken und nun eine durchlaufende Lochwandung ergeben.

Die zu diesem Zwecke verwendeten Blechabfälle werden auf dem Durchstoße gelocht, sollen aber keine zu unregelmäßige Außenform haben, von allen Graten befreit und thunlichst durch Pressen völlig eben hergerichtet sein.

Fig. 437 zeigt eine Vernietung mit Stehbolzen. Da das Abklaffen der Teile voneinander zwischen den Nietern mit Rücksicht auf Rostbildung hier unschädlich ist, kann die Nietteilung e hier so weit gesteigert werden, wie die Kräfte es erlauben.

Fig. 437.



b) Schrauben und Schraubenverbindungen.

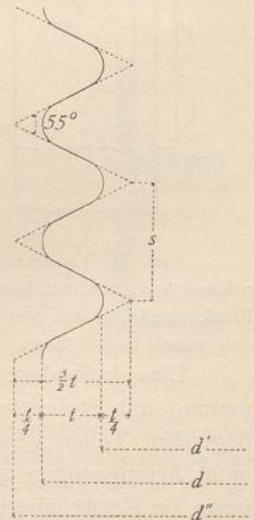
222.
Anwendung
und Ver-
schiebenheit.

Schraubenverbindungen kommen in Eifenteilen da vor,

- 1) wo die zu verbindenden Teile des Stoffes wegen nicht genietet werden dürfen, d. h. bei Gußeisenteilen;
- 2) wo eine gewisse Beweglichkeit (Drehbarkeit) der Teile gewahrt werden soll, die bei der Vernietung auch nur mit einem Niete durch die Reibung fast immer verloren geht;
- 3) wo der Raum zu beengt ist, um Nietköpfe ausbilden oder die Niete in die Löcher einstecken zu können, und
- 4) wo wegen Vereinigung vieler Konstruktionsteile die Bolzen zu lang werden, um noch als Niete ausgebildet werden zu können.

Die Schrauben können eingängig oder mehrgängig sein; sie können rechteckigen Gangquerschnitt (flachgängige Schrauben) oder dreieckigen (scharfgängige Schrauben) haben. Die eingängigen scharfgängigen Schrauben ergeben unter gleicher Last die größte Reibung in der Mutter, und da für Verbindungsschrauben, die hier den Bewegungsschrauben gegenüber allein in Frage kommen, eine thunlichst große Reibung erwünscht ist, so wird hier von ersteren allein die Rede sein. Auch ist bei gleicher Ganghöhe die Scherfläche zwischen Gang und Spindel bei der scharfen Schraube doppelt so groß, wie bei der flachen.

Fig. 438.



223.
Gangprofil
und Durch-
messer der
Schrauben.

Außer den beiden genannten kommen noch die Trapezschraube und die Schraube mit rundem Gangquerschnitt vor.

Das Gangprofil der scharfen Schraube zeigt Fig. 438; d' ist der innere Durchmesser, d der äußere Gewindedurchmesser, d'' der äußere Bolzendurchmesser, s die Ganghöhe und t die Gewindetiefe. Die Neigung des Ganges wird durch die Zahl m festgelegt, welche bestimmt, wie viele Gänge auf die Länge d des Bolzens kommen. Die Gänge werden nach Fig. 438 aus- und abgerundet, nur bei sehr weichem Stoffe, z. B. Messing, Bronze, mehr. Gemäß dem Abrundungsmaße

und dem Spitzenwinkel von 55 Grad wird $\frac{3}{2}t = s \frac{1}{\text{tg } 27^{\circ} 30'}$, also

$t = 0,64 s, \dots \dots \dots 142.$

wofür man meist $t = 2 \frac{s}{3}$ setzt. Daraus folgt $d' = d - 2t = d - 2 \cdot 0,64 s$; demnach

$$d' = d - 1,28 s \dots \dots \dots 143.$$

Nach Obigem ist nun $s = \frac{d}{m}$, also $d' = d - \frac{1,28 d}{m}$, fonach

$$\frac{d'}{d} = \frac{m - 1,28}{m} \dots \dots \dots 144.$$

d' bestimmt sich nach der Last, und dann sind d und s der nachstehenden *Witworth'schen* Schraubenskala zu entnehmen, welche die Form aller Schrauben gleichen Durchmessers allgemein festlegt, damit sie beliebig vertauscht werden können.

Witworth's Skala der eingängigen scharfen Schrauben.

Nr.	Bolzen- durch- messer d''	Außerer Gewinde- durchmesser d	Anzahl der Gewinde- gänge m auf		Innerer Durch- messer d'	Schlüssel- weite der Mutter D	Belastung		
			1 Zoll engl.	die Länge d			ohne Torsion	mit Torsion	
1	0,8	$\frac{1}{4}$	0,64	20	5	0,48	1,4	37	22
2	0,9	$\frac{5}{16}$	0,79	18	$5\frac{5}{8}$	0,61	1,6	79	48
3	1,1	$\frac{3}{8}$	0,95	16	6	0,75	1,8	143	86
4	1,2	$\frac{7}{16}$	1,11	14	$6\frac{1}{8}$	0,88	2,1	218	131
5	1,4	$\frac{1}{2}$	1,27	12	6	1,00	2,3	302	181
6	1,7	$\frac{5}{8}$	1,59	11	$6\frac{7}{8}$	1,29	2,7	560	336
7	2,0	$\frac{3}{4}$	1,90	10	$7\frac{1}{2}$	1,58	3,2	897	538
8	2,3	$\frac{7}{8}$	2,22	9	$7\frac{7}{8}$	1,86	3,6	1 299	779
9	2,7	1	2,54	8	8	2,13	4,1	1 755	1 053
10	3,0	$1\frac{1}{8}$	2,86	7	$7\frac{7}{8}$	2,39	4,5	2 260	1 356
11	3,3	$1\frac{1}{4}$	3,18	7	$8\frac{3}{4}$	2,72	5,0	2 993	1 796
12	3,6	$1\frac{3}{8}$	3,49	6	$8\frac{1}{4}$	2,95	5,4	3 564	2 138
13	3,9	$1\frac{1}{2}$	3,81	6	9	3,27	5,8	4 441	2 665
14	4,3	$1\frac{5}{8}$	4,13	5	$8\frac{1}{8}$	3,48	6,3	5 070	3 042
15	4,6	$1\frac{3}{4}$	4,45	5	$8\frac{3}{4}$	3,80	6,7	6 107	3 664
16	4,9	$1\frac{7}{8}$	4,76	$4\frac{1}{2}$	$8\frac{7}{16}$	4,00	7,2	6 949	4 169
17	5,2	2	5,08	$4\frac{1}{2}$	9	4,36	7,6	8 155	4 893
18	5,8	$2\frac{1}{4}$	5,72	4	9	4,91	8,5	10 454	6 272
19	6,5	$2\frac{1}{2}$	6,35	4	10	5,54	9,4	13 438	8 063
20	7,1	$2\frac{3}{4}$	6,99	$3\frac{1}{2}$	$9\frac{5}{8}$	6,06	10,3	16 182	9 709
21	7,7	3	7,62	$3\frac{1}{2}$	$10\frac{1}{2}$	6,69	11,2	19 849	11 909
22	8,4	$3\frac{1}{4}$	8,26	$3\frac{1}{4}$	$10\frac{9}{16}$	7,26	12,1	23 488	14 093
23	9,0	$3\frac{1}{2}$	8,89	$3\frac{1}{4}$	$11\frac{3}{8}$	7,89	13,0	27 867	16 720
24	9,6	$3\frac{3}{4}$	9,53	3	$11\frac{1}{4}$	8,44	13,8	31 996	19 198
25	10,3	4	10,16	3	12	9,07	14,7	37 076	22 245
	Centim.	engl. Zoll.	Centim.			Centimeter.		Kilogr.	

Durch verschiedene Abrundungen der englischen Abmessungen sind in diese Schraubenmaße solche Abweichungen hineingekommen, daß Schrauben und Muttern verschiedener Herkunft durchaus nicht immer passen. Der Verein Deutscher Ingenieure hat daher die folgende auf metrischem Maße beruhende Reihe aufgestellt, die sich mehr und mehr verbreitet⁹⁶⁾.

⁹⁶⁾ Durch Vereinbarung des Vereins Deutscher Ingenieure, der *Société d'encouragement pour l'industrie nationale* in Paris und des Vereines Schweizerischer Maschinen-Industrieller auf einer Versammlung am 20. Oktober 1900 ist in Zürich das metrische Gewinde bereits zu einem internationalen geworden. In der »Schweizerischen Bauzeitung« 1900, Oktober, S. 165 ist über diese Versammlung berichtet; zugleich werden dort die Formeln mitgeteilt, auf denen die Maßzusammenstellung auf S. 164 beruht.

Aeußerer Gewindedurchmesser	Kern-durchmesser	Ganghöhe	Gangtiefe	Schlüsselweite	Aeußerer Gewindedurchmesser	Kern-durchmesser	Ganghöhe	Gangtiefe	Schlüsselweite
d	d'	h	t	D	d	d'	h	t	D
6	4,5	1,0	0,75	12	20	16,4	2,4	1,8	34
7	5,35	1,1	0,825	14	22	17,8	2,5	2,1	37
8	6,2	1,2	0,9	16	24	19,8	2,8	2,1	40
9	7,05	1,3	0,975	18	26	21,2	3,2	2,4	43
10	7,9	1,4	1,05	20	28	23,2	3,2	2,4	46
12	9,6	1,6	1,20	22	30	24,6	3,6	2,7	49
14	11,3	1,8	1,35	25	32	26,6	3,6	2,7	52
16	13,0	2,0	1,50	28	36	30,0	4,0	3,0	58
18	14,7	2,2	1,65	31	40	33,4	4,4	3,3	64

Millimeter.

Millimeter.

Um die umstehende *Witworth'sche* Tabelle nicht immer benutzen zu müssen, sind für d und s zwei Beziehungsgleichungen aufgestellt, welche lauten:

$$s = 0,07 \text{ cm} + 0,095 d \text{ für } d \geq 6 \text{ cm}, \dots \dots \dots 145.$$

$$s = 0,262 \sqrt{d} \text{ für } d > 6 \text{ cm}, \dots \dots \dots 146.$$

Aus Gleichung 142, 143 u. 144 (S. 162 u. 163) kann nun eine unmittelbare Beziehung zwischen d'' , d und d' abgeleitet werden, und zwar ergibt sich für kleinere Schrauben unter Benutzung der Gleichungen 142, 143 u. 144

$$d = (1,139 d' + 0,103) \text{ Centim. und } d'' = d + \frac{t}{2} = (1,173 d' + 0,128) \text{ Centim.} \quad 147.$$

Die Tragkraft einer Schraube auf Zug ist bei der zulässigen Beanspruchung s' für 1 qcm gleich $\frac{d'^2 \pi}{4} s'$; fonach ergibt sich der der Last P entsprechende innere Durchmesser

$$\text{aus } d' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}, \text{ oder, da man wegen des Anschneidens der Gewinde den}$$

$$\text{äußeren Ring von 1 mm Tiefe nicht als tragfähig ansehen kann, } d' = 0,2 + 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}.$$

Die zulässige Beanspruchung s' wird wegen der beim Andrehen der Mutter entstehenden Verwindung (Torsion⁹⁷) in der Regel für Schrauben nur mit 600 kg angefetzt; die Gleichung für d' lautet demnach:

$$d' = 0,2 + 0,0046 \sqrt{P}, \dots \dots \dots 148.$$

und für die erforderliche Anzahl n , wenn mehrere Schrauben von gegebenem, innerem Durchmesser d' vorhanden sind,

$$n = \frac{P}{471 (d' - 0,2)^2} \dots \dots \dots 149.$$

Den nach Gleichung 147 u. 148 aus der Last ermittelten äußeren Durchmesser d'' kann man nicht ohne weiteres beibehalten; vielmehr ist der nächstgrößere der obigen Skalen einzuführen.

Wenn P nicht als Zug auftritt, sondern als Scherkraft, so ergibt sich, da die Scherfelle fast stets im vollen Bolzen, nicht im Gewinde liegt, der äußere Durchmesser unmittelbar aus $\frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für einfnittige und aus $2 \frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für zwei-

⁹⁷) Ueber genaue Berücksichtigung der Verwindungsspannungen vergl.: GRASHOF, F. Theorie der Elasticität und Festigkeit etc. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 202.

schnittige Abscherung. Auch bei den Schraubenbolzen muß der Lochlaibungsdruck für kleine Durchmesser im Auge behalten werden, gemäß der Gleichung $P = d'' \delta s''$ (vergl. Art. 205, S. 151), und es ergeben sich hier ähnlich, wie bei den Nietten, für d die Gleichungen:

$$d'' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi t}} \text{ für einschnittige Abscherung, } d'' \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 150.$$

$$d'' = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \text{ für zweischnittige Abscherung, } d'' \geq \delta; \quad \dots \quad 151.$$

$$d'' = \frac{P}{s'' \delta} \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Abscherung, } d'' > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Abscherung, } d'' > \delta. \end{array} \right\} \quad \dots \quad 152.$$

Wird eine Kraft durch mehrere Bolzen gemeinsam übertragen, so ist nach Annahme des Durchmessers d'' die Bolzenzahl n nach Gleichung 113 bis 115 zu ermitteln.

Kraftübertragung durch Flächenreibung kommt hier nicht in Frage, da die Muttern sich von selbst lösen, also auf Reibung überhaupt nicht gerechnet werden kann.

Auf Verwindung muß Rücksicht genommen werden, wenn das Anspannen der Schraube lediglich durch Andrehen der Mutter, nicht durch Anhängen von Lasten nach dem Andrehen der Mutter hervorgerufen wird. In diesem Falle darf die zulässige Zugspannung nur auf $\frac{3}{5} s'$ getrieben werden; der innere Gewindedurchmesser folgt somit für diesen Fall aus $d' = 0,2 + 0,039 \sqrt{P}$. Hiernach ist die letzte Spalte der Skala auf S. 163 berechnet.

Die Schraubenmutter wird für einfache Fälle wohl rund oder quadratisch geformt; jedoch läßt sich die runde Mutter schwer andrehen; die quadratische enthält viel Metall. Am besten ist die sechseckige Mutter, da sie wenig überflüssiges Metall enthält und doch das Aufsetzen eines Schlüssels erlaubt; sie braucht auch nur um 60 Grad gedreht zu werden, um das feithche Ansetzen des Schlüssels von neuem zu gestatten.

Um beim Andrehen im Auflager der Mutter keine zu große Berührungsfläche zu erhalten, wird erstere unten nach einer Kugel abgerundet, meist auch oben, um eine Gegenmutter nachzuschrauben, auch die Mutter umdrehen zu können; sie sitzt also nur mit einer schmalen Ringfläche auf. Neuerdings hat man erkannt, daß die ebene Gestaltung der Mutter an der Unterfläche eben durch die erzielte Größe der Reibungsfläche ein wirksames Mittel gegen das selbstthätige Losdrehen der Mutter bildet. Man vergrößert diese Berührungsfläche sogar noch, indem man die Mutter unten durch einen ringartigen Ansatz verstärkt und nur den oberen Teil zum Aufsetzen des Schlüssels eckig gestaltet. Solche Muttern heißen Bundmuttern.

Die Schlüsselweite D wird aus den angeführten Schraubenkalen oder aus der Formel $D = (0,5 + 1,4 d)$ Centim. bestimmt, welche auf gleicher Sicherheit der Auflager-Ringfläche gegen Druck und des Bolzens beruht; der Durchmesser des umschriebenen Kreises ist dann $D' = (0,6 + 1,62 d)$ Centim.

Die Höhe h der Mutter muß so bemessen werden, daß der Zug im Bolzen die Gewindegänge in der Mutter nicht ausfcheren kann, d. h. mindestens muß $t d' \pi h = \frac{s' d'^2 \pi}{4}$, also $h = \frac{1}{4} \frac{s'}{t} d'$ sein. Nimmt man Rücksicht darauf, daß das Metall bei scharfgängigen Schrauben etwa auf $\frac{1}{6}$ der abzufcherenden Fläche

224.
Schrauben-
mutter.

durch das Schneiden der Gewinde verletzt ist, so würde $h = \frac{6}{5} \frac{1}{4} \frac{s'}{t} d'$ gesetzt werden müssen, und nimmt man im Mittel $d' = \frac{8}{10} d$ und $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ an, so ergibt sich $h = \frac{5 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 10}{6 \cdot 5 \cdot 8} d = \frac{3}{10} d$. Muttern dieser geringsten Höhe nutzen sich stark ab; man steigert die Höhe daher thatfächlich wohl bis $h = d$, und für solche Schrauben, die oft gelöst und wieder angedreht werden müssen, bis $h = D$. Hat der Bolzen keinen Zug, sondern nur Abscherung zu übertragen, so macht man h nie größer als $0,3 d$, da die Mutter dann ganz unbelastet ist. Eine gewöhnliche Mutterform zeigen Fig. 439 u. 440, worin auch eine zur Verteilung des Mutterdruckes auf eine große Fläche der Unterlage bestimmte Unterlegscheibe mit dargestellt ist. Selbstverständlich ist eine solche Unterlegplatte bei Bundmuttern nie erforderlich.

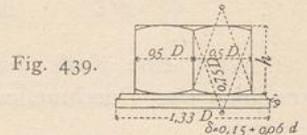


Fig. 439.



Fig. 440.

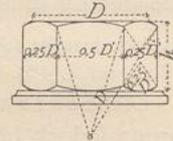
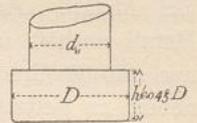


Fig. 441.



225.
Schraubens-
kopf.

Der Schraubenbolzen wird in der Regel am einen Ende mit Gewinde versehen; am anderen erhält er statt dessen einen festen Kopf, welcher meist ein Quadrat von der Seitenlänge D bildet und die Höhe $h = 0,45 D$ erhält (Fig. 441). In seltenen Fällen wird der Kopf sechseckig geformt.

226.
Besondere
Formen von
Mutter u. Kopf.

Besondere Formen von Mutter und Kopf entstehen in folgenden Fällen.

Soll die Mutter nicht vor den verbundenen Teilen vorstehen, so setzt man sie in eine Vertiefung, welche so weit gemacht wird, daß die Wandstärke des am Ende ein entsprechendes sechseckiges Loch zeigenden Stockschlüssels aus Rundeisen mit doppeltem Handgriffe darin Platz findet, oder man macht die Mutter kreisrund und giebt ihr in der Oberfläche zwei Löcher, um sie mit dem zweizinkigen Zirkelschlüssel in die gleich weite kreisrunde Vertiefung drehen zu können. Beim Andrehen der Mutter dreht sich der Bolzen leicht mit; man muß daher mittels eines Schraubenschlüssels am Kopfe, welcher deshalb die Maulweite D erhält, gegenhalten. Geht dies nicht, so bringt man am unteren Schafteile oder am Kopfe geeignete Vorrichtungen zur Verhinderung des Drehens an.

Ist eine fest angezogene Schraube dauernd Erschütterungen ausgesetzt, so löst sich die Mutter allmählich von selbst, indem die Reibung zwischen Mutter und Unterlage und zwischen Mutter und Bolzengewinde durch die Schwingungen überwunden wird. Man verwendet deshalb für die Baukonstruktionen geeignete Vorkehrungen gegen das Losdrehen der Muttern, unter denen die Verwendung von Bundmuttern jetzt sehr gebräuchlich ist.

227.
Schrauben-
verbindungen.

Wirken die Schrauben einfach auf Zug, so ist d' nach Gleichung 148 zu bestimmen; wenn mehrere Schrauben die Last P übertragen, so liefert Gleichung 149 ihre Anzahl n .

Auf Abscherung ergibt sich der Bolzendurchmesser d'' für die Kraft P nach den Gleichungen 150 bis 152; sind mehrere Bolzen des Durchmessers d'' zu verwenden, so folgt die erforderliche Anzahl n aus:

$$n = \frac{4P}{\pi t d''^2} \text{ für einschnittige Bolzen, } d'' \geq 2\delta; \dots \dots \dots 153.$$

$$n = \frac{2P}{\pi t d''^2} \text{ für zweifchnittige Bolzen, } d'' \leq \delta; \dots \dots \dots 154.$$

$$n = \frac{P}{s'' \delta d''} \text{ für einschnittige Bolzen, } d'' > 2\delta, \text{ und } \left. \dots \dots \dots 155. \right\}$$

Wird der Bolzen des Durchmessers d'' zugleich auf den Zug S und die Abföherung T , d. h. schräg beansprucht, und bezeichnet d_z den dem Zuge S allein genügenden Rundeisendurchmesser, so mache man

$$d'' = d_z \sqrt{\frac{1}{8} \left[3 + 5 \sqrt{1 + \left(\frac{2T}{S} \right)^2} \right]}; \dots \dots \dots 156.$$

für $T = S$ wird $d'' = 1,33 a_z$.

Die Gewichte der Schraubenbolzen werden mit Hilfe der Rundeisentabelle festgestellt, indem man zur reinen Bolzenlänge zwischen Kopf und Mutter

- 7 Bolzendurchmesser für sechseckige Mutttern und Köpfe,
- 8 " " " viereckige " " "

hinzuzählt.

c) Bolzenverbindungen.

Für Bauzwecke ist der Anschluss von Rundeisenstangen mittels angeftauchten oder angeschweißten Auges und cylindrischen Verbindungsbolzens an andere Teile, meist Bleche, von besonderer Wichtigkeit. Das Auge wird kreisförmig (Fig. 442) oder länglich (Fig. 443) geformt. Bezeichnet δ die geringere der Stärken der beiden Teile (Auge des Befestigungsbolzens und Anschlussblech), so ist auch hier für einschnittigen Anschluss die Gleichung

$$\delta d'' s'' \geq \frac{d''^2 \pi}{4} t$$

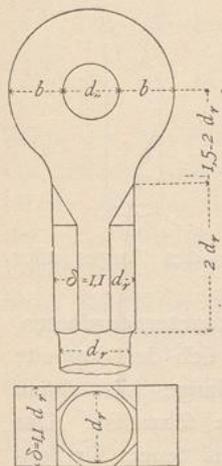
die Bedingung dafür, dass Abföherung, nicht Lochlaibungsdruck in Frage kommt; ebenso für zweifchnittigen Anschluss

$$\delta d'' s'' = 2 \frac{d''^2 \pi}{4} t.$$

Hierin ist $\frac{s''}{t} = 1,9$ zu setzen, da in den Schraubenbolzen meist nicht besserer Stoff steckt, als in den Rundeisen und Blechen; demnach lauten die obigen Bedingungen: Abföherung kommt in Frage bei einschnittigen Bolzen, wenn

$d'' \leq 2,4 \delta$, und bei zweifchnittigen Bolzen, wenn $d'' \leq 1,2 \delta$. Ist d'' gröfser, so ist in beiden Fällen auf Lochlaibungsdruck zu rechnen.

Fig. 442.



228.
Bedingungen.

Das kreisförmige Bolzenauge (Fig. 442) wird in der Regel dadurch hergestellt, dass man den voll mit s' beanspruchten Rundeisendurchmesser d_r in ein Achteck der Maulweite $\delta = 1,1 d_r$, dieses in ein Quadrat von der Seite $\delta = 1,1 d_r$ und letzteres in das kreisförmige Auge von der Randstärke b und dem Augendurchmesser d'' übergehen lässt.

Bezeichnen, wie früher, s' die zulässige Zugspannung, t die zulässige Scherspannung im Rundeisen, Verbindungsbolzen und Anschlussbleche, so kann man hier $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ setzen; wie früher ist auch im vorliegenden Falle der Lochlaibungsdruck $s'' = 1,5 s'$ bis $2 s'$ anzunehmen. Der Augendurchmesser muss nun fein:

229.
Kreisförmiges
Bolzenauge.

$$\begin{aligned}
 d'' &= 1,12 d_r && \text{für einschnittige Bolzen, wenn sich } d'' \leq 2,4 \delta, && . && 157. \\
 d'' &= 0,79 d_r && \text{für zweischnittige Bolzen, wenn sich } d'' \leq 1,2 \delta, && . && 158. \\
 d'' &= 0,52 d_r \frac{d_r}{\delta} && \text{für einschnittige Bolzen, wenn sich } d'' > 2,4 \delta \text{ und } &&) && 159. \\
 &&& \text{für zweischnittige Bolzen, wenn sich } d'' > 1,2 \delta &&) &&
 \end{aligned}$$

ergiebt.

Im Bolzenauge selbst ist $\delta = 1,1 d_r$; daher lautet für das Auge die Gleichung 159: $d'' = 0,48 d_r$. Bei der Benutzung dieser Formel ist für δ sowohl die Augentärke, wie andererseits die Stärke des Teiles in Rücksicht zu ziehen, an welchen der Anschluss erfolgt.

Die Randbreite b des Auges ist gleich $0,72 d_r$ zu machen. Sollte irgendwo an die Rundeisenstange ein Schraubengewinde angechnitten sein, so ist als d_r der innere Gewindedurchmesser d' einzuführen, für den hier jedoch nicht, wie in Gleichung 148, die zulässige Zugspannung auf 600 kg für 1 qcm ermässigt zu werden braucht.

In vielen Fällen ergibt sich für das kreisförmige Auge nach Fig. 442 eine Stärke δ , welche erheblich gröfser ist, als die desjenigen Teiles, an welchen der Anschluss erfolgt; der Durchmesser d'' ist dann nach der geringeren Stärke δ_1 dieses Teiles zu bemessen und wirkt auf die Bildung des Auges äufserst ungünstig ein. Man kann dann die Stärke δ im Anschlussbleche dadurch erreichen, dass man es durch einseitiges oder zweifseitiges Auflegen von Blechen um $\delta - \delta_1 = \delta_2$ verstärkt, muss aber diese Verstärkungen mit dem Anschlussbleche vor Auflegen des Auges oder feiner Laschen mit einer Anzahl von Niete verbinden, welche nach den Gleichungen 113 bis 115 (S. 152) aus der Kraftgröfse $\frac{P \delta_2}{\delta}$ zu ermitteln ist; diese Niete

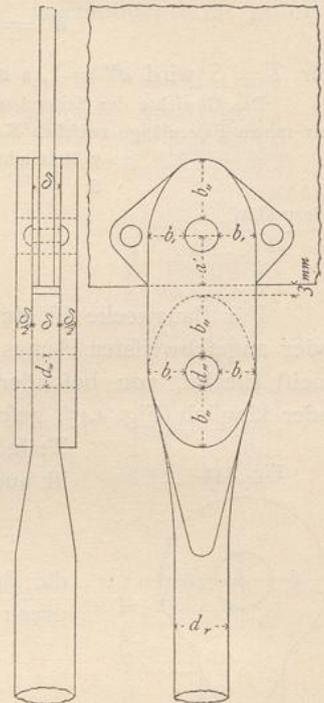
sind, soweit sie sich ganz oder zum Teile in der Auflagerfläche des Auges oder der Laschen befinden, beiderseits zu versenken,

230.
Gabelförmiges
Doppelauge.

Der Anschluss solcher Teile soll stets zweifseitig, nur bei ganz untergeordneten, gering belasteten Gliedern einschnittig erfolgen. Unmittelbar lässt sich der doppelte Anschluss nur erreichen, wenn man ein gabelförmiges Doppelauge mit einem Schlitze gleich der Dicke des Anschlussbleches an die Stange schweisft. Das Schmieden und Schweißen dieser Gabelaugen ist aber schwierig und teuer; für Bauarbeiten ist deshalb dieser Anschluss entweder zu kostspielig oder zu unsicher. Nur bei gegoffenen Druckgliedern ist die Verwendung dieser schwierigen Form zulässig. Bei schmiedeeisernen Teilen soll der Anschluss durch doppelte Laschung erfolgen, wobei man die Laschen mit der Stärke $\frac{\delta}{2}$ und nach der Form eines doppelten Auges (Fig. 443 u. 444) mit etwa 3 mm Spielraum zwischen dem Stangenaug und dem Anschlussbleche ausbildet.

Häufig sind auch derartige Anschlüsse, in denen sich von der einen Seite die Augen zweier schwächeren, von der anderen das Auge einer stärkeren Zugfange ohne Mittelglieder auf den Bolzen hängen.

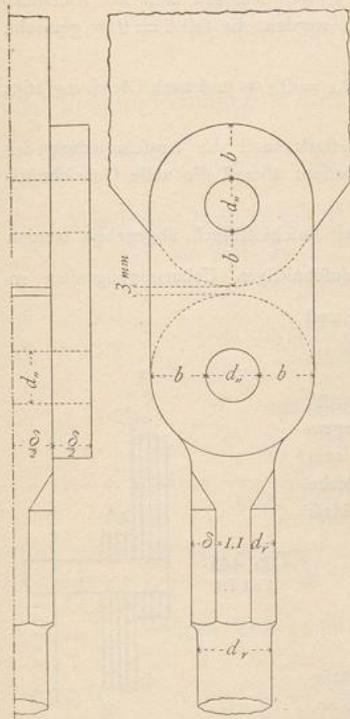
Fig. 443.



Das elliptische Bolzenauge (Fig. 443) wird oft verwendet, wenn es sich um den Anchluss von Flacheisen handelt, jedoch auch wohl in den Anschlüssen von Rundeisen; indess ist diese Form wegen der teureren Herstellung, namentlich in neuerer Zeit, immer feltener geworden.

237.
Elliptisches
Bolzenauge.

Fig. 444.



In beiden Fällen wird das Auge meist durch Stauchen und Ausschmieden erzielt. Da man aber beim Ausschmieden bezüglich der Augendicke δ von der Dicke des Flach- oder Rundeisens unabhängig ist, so wird man sie der Dicke des Anschlussstückes anzupassen streben, sie aber jedenfalls so bemessen, dass der Gelenkbolzen von der Last P auf Lochlaibungsdruck und Abföcherung in gleichem Masse geföhrdet wird. Man macht daher

$$d'' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi t}} \text{ für einschnittige Abföcherung } 160.$$

$$d'' = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \text{ für zweischnittige Abföcherung } 161.$$

und hiernach dann gemöhß

$$\delta d'' s'' = \frac{d''^2 \pi}{4} t \text{ für einschnittige,}$$

$$\delta d'' s'' = 2 \frac{d''^2 \pi}{4} t \text{ für zweischnittige Bolzen, bei}$$

$$s'' = 1,9 t,$$

$$\delta = 0,42 d'' \text{ für einschnittige Bolzen, } 162.$$

$$\delta = 0,83 d'' \text{ für zweischnittige Bolzen, } 163.$$

Sollte der Anschlussstück erheblich schwächer sein als δ , etwa δ_1 stark, so muss man ihn zunächst wieder durch geföhndert aufgenietet, thunlichst beiderseitige Zulagebleche von der Gesamtdicke $\delta_2 = \delta - \delta_1$ verdicken. Nimmt man diese Verdickung des zu schwachen Anschlussbleches nicht vor, so muss der Bolzendurchmesser auf Lochlaibungsdruck im Anschlussbleche bemessen werden, und man erhält alsdann meist übermöhßig weite Augen.

Das Auge selbst wird nun meist so geformt, dass die Breite des Randes neben dem Auge b_1 , auf die einfache Zugspannung s' berechnet, der Last $\frac{3}{4} P$, die Breite hinter dem Auge b_2 , der Last $\frac{5}{4} P$ entspricht. Alsdann ergibt sich unter Benutzung der Gleichungen 160 bis 163, bei $s' = \frac{5}{4} t$,

$$b_1 = 1,12 d'' \text{ für ein- und zweischnittige Bolzen, } 164.$$

$$b_2 = 1,87 d'' \text{ für ein- und zweischnittige Bolzen. } 165.$$

Beispiel. Eine Kraft von 5000 kg soll durch ein Rundeisen, welches am einen Ende ein Schraubengewinde trägt, am anderen an ein Anschlussblech von 1 cm Stärke abgegeben werden.

Der innere Gewindedurchmesser der Stange ist nach Gleichung 148, wenn dort wegen fehlender Verwindung s' statt mit 600 mit 750 kg eingeföhrt wird, $d' = 0,2 + 2 \sqrt{\frac{5000}{\pi \cdot 750}} = 3,12 \text{ cm}$, wozu nach der Witworth'schen Skala (S. 163) als nächst größeres das Rundeisen Nr. 13 mit $d_r = 3,9 \text{ cm}$ Bruttodurchmesser gehört.

Der Anschluß erfolgt zweifach durch doppelte Lafchung; daher muß der Durchmesser des Anschlußbolzens nach Gleichung 161: $d'' = \sqrt{\frac{2 \cdot 5000}{3,14 \cdot 600}} = 2,3$ cm sein, wenn $t = 600$ kg für 1 qcm Abscherspannung zugelassen werden.

Nach Gleichung 163 folgt weiter $\delta = 0,33 d'' = 0,33 \cdot 2,3 = 1,9$ cm; demnach muß das Anschlußblech um 0,9 cm einseitig oder besser um 0,45 cm beiderseitig verstärkt werden. Es soll $\delta = 2$ cm gemacht, das Anschlußblech auf jeder Seite um 0,5 cm verstärkt werden.

Weiter wird noch nach Gleichung 164: $b = 1,12 d'' = 1,12 \cdot 2,3 = 2,6$ cm und nach Gleichung 165: $b'' = 1,87 d'' = 1,87 \cdot 2,3 = 4,3$ cm.

Jede der beiderseitig aufzulegenden Lafchen wird nun 1 cm stark, und die Ausschmiedung des Rundeisens in das glatte Auge muß so angeordnet werden, daß mindestens überall die volle Querschnittsfläche eines Kreises vom Durchmesser $d' = 3,12$ cm vorhanden ist.

Die Kraft, welche aus jeder der beiden Verstärkungen an das Anschlußblech abgegeben werden muß, beträgt $\frac{5000 \cdot 0,5}{2} = 1250$ kg. Die für jede Verstärkung einschneidigen Uebertragungsniete erhalten nach Gleichung 112 (S. 152) $d = 2 \cdot 0,5 = 1$ cm Durchmesser, und ihre Anzahl ist nach Gleichung 113: $n = \frac{1250 \cdot 4}{1^2 \cdot 3,14 \cdot 750}$, wenn die

Scherspannung im Niete zu 750 kg für 1 qcm gesetzt wird, also $n = 2$. Die für die zweite Verstärkung gleichfalls einschneidigen, anderen Längenhälften dieser Bolzen bewirken dort den Anschluß, so daß 2 Niete zum Anschluß beider Verstärkungen genügen. Im verstärkten Anschlußbleche braucht der Bolzen nur um das aus Gleichung 133 (S. 155) folgende Maß $a' = 2,3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right)$ abzufehen; für $\frac{s''}{t'} = 1,9$ ergibt sich

$$a' = 2,3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1,9}{2} \right) = \text{rund } 3,5 \text{ cm.}$$

Die berechnete Anordnung ist in Fig. 443 dargestellt.

Die Befestigungsbolzen dieser Verbindungen ordnet man häufig ganz ohne Mutter, nur mit einem schwachen durchgesteckten Splinte an, welcher bloß das Herausfallen des Bolzens zu verhindern hat.

Bolzenverbindungen mehrteiliger Konstruktionsglieder kommen fast ausschließlich in solchen Bauteilen vor, welche aus einer größeren Zahl von flachen Bändern mit Bolzenaugen bestehen und wegen der geringen Breite der Bänder dann nur einen durch sämtliche Glieder gehenden Bolzen erhalten. Hier soll daher bloß dieser Fall untersucht werden, und zwar zunächst unter der Einschränkung, daß die zu verbindenden Glieder in einer Geraden liegen.

In Fig. 445, 446 u. 447 sind die drei Möglichkeiten dargestellt, wie n Bänder der Dicke δ durch einen Bolzen des Durchmessers d'' verbunden werden können. Es bezeichnen s' die zulässige Zugspannung im Gliede und Bolzen, t die zulässige Abscherspannung in beiden, s'' den zulässigen Lochlaibungsdruck am Bolzen; unter δ^{ab} , bezw. d''^{ab} ist zu verstehen, daß die Größen auf Abscherrung und Biegung, unter δ^{db} und d''^{db} , daß sie auf Laibungsdruck und Biegung gleich sicher berechnet sind.

In allen drei Fällen hat der Bolzen neben der Abscherrung, bezw. dem Laibungsdrucke ein Biegemoment aufzunehmen, welches beträgt

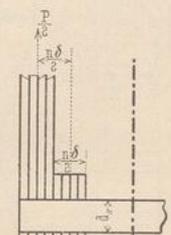


Fig. 445.
(Fall I.)

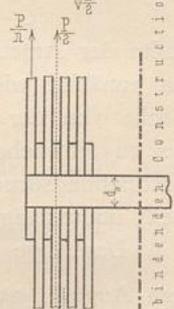


Fig. 446.
(Fall II.)

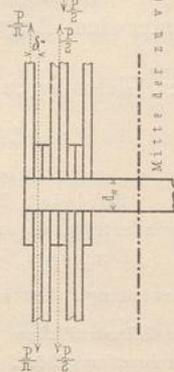


Fig. 447.
(Fall III.)

232.
Verbindung
mehreiliger
Konstruktions-
glieder.

$$\left. \begin{array}{l} \text{im Falle I (Fig. 445): } M = \frac{P}{2} \frac{n \delta}{2} = \frac{P n \delta}{4} \\ \text{» » II (Fig. 446): } M = \frac{P}{2} \delta \\ \text{» » III (Fig. 447): } M = \frac{P}{n} \delta \end{array} \right\} = a P \delta \quad \left. \begin{array}{l} a = \frac{n}{4}; \\ a = \frac{1}{2}; \\ a = \frac{1}{n}. \end{array} \right.$$

Die Biegungsspannung σ im Bolzen folgt aus $M = \frac{\sigma d''^4 \pi \cdot 2}{64 d''}$ mit

$$\sigma = 10,2 \frac{M}{d''^3} = 10,2 \frac{a P \delta}{d''^3}.$$

Wird der Bolzen auf Abfcherung und Biegung berechnet, so ergibt sich für Fall I: | für Fall II u. III:

$$\frac{P}{2} = \frac{d''^2 \pi}{4} t, \quad d''^a = 0,807 \sqrt{\frac{P}{t}}; 166. \quad \left| \quad \frac{P}{n} = \frac{d''^2 \pi}{4} t, \quad d''^a = 1,128 \sqrt{\frac{P}{n t}}; 166. \right.$$

auf Abfcherung

aus der Biegung nach $s' \geq 10,2 \frac{a P \delta}{d''^3}$

$$\left. \begin{array}{l} s' \geq 10,2 \frac{a P \delta \sqrt{t^3}}{0,807^3 \sqrt{P^3}}, \\ \text{also } \delta^{a b} \leq 0,0516 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{t^3}}. \quad 167. \end{array} \right| \quad \left. \begin{array}{l} s' \geq 10,2 \frac{a P \delta \sqrt{n^3 t^3}}{1,128^3 \sqrt{P^3}}, \\ \delta^{a b} \leq 0,1408 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{n^3 t^3}}. \quad 167. \end{array} \right.$$

Wegen des Lochlaibungsdruckes muß $\delta d'' s'' \geq \frac{K}{n}$ fein; daher

$$0,807 \sqrt{\frac{P}{t}} 0,0516 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{t^3}} s'' \geq \frac{P}{n} \quad \left| \quad 1,128 \sqrt{\frac{P}{n t}} 0,1408 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{n^3 t^3}} s'' \geq \frac{P}{n} \right.$$

oder

$$0,0416 \frac{n}{a} \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geq 1.$$

Da $a = \frac{n}{4}$ ist, so ergibt sich

$$0,1664 \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geq 1.$$

Nun ist

$$\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}, \quad \frac{s''}{t} = \frac{s''}{s'} \frac{s'}{t} = 1,5 \frac{5}{4} = 1,9;$$

demnach müßte, wenn dem Lochlaibungsdrucke genügt fein sollte,

$$0,1664 \frac{5}{4} 1,9 \geq 1 \quad \text{oder} \quad 0,395 \geq 1$$

fein. Dieser Widerspruch würde nur schwinden, wenn t weit unter das übliche Maß gebracht, d. h. d'' sehr groß gemacht würde.

Im Falle I wird fonach fast stets die Berechnung auf Biegung und Lochlaibungsdruck durchzuführen fein.

oder

$$0,1588 \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geq n a.$$

Im Falle II ist $a = \frac{1}{2}$; daher entsteht

$$2,0 \cdot 0,1588 \cdot \frac{5}{4} \cdot 1,9 \geq n, \quad 0,755 \geq n,$$

was unmöglich ist; die auf Biegung und Abfcherung berechneten Werte genügen also auf Lochlaibungsdruck nicht.

Im Falle III ist $a = \frac{1}{n}$,

$$0,1588 \frac{5}{4} 1,9 \geq 1 \quad \text{oder} \quad 0,377 \geq 1.$$

Auch hier beweist der Widerspruch, daß die oben berechneten Werte d^a und $\delta^{a b}$ auf Lochlaibungsdruck nicht genügen und die Berechnung auch in den Fällen II und III auf Lochlaibungsdruck und Biegung durchzuführen ist.

Demnach muß der Regel nach die Berechnung derartiger Bolzen auf Biegung und Lochlaibungsdruck erfolgen; alsdann ist für alle drei Fälle

$$d'' \delta s'' \geq \frac{P}{n} \text{ und } s' \geq \frac{P \delta a}{d''^3} 10,2, \text{ daher } s' \geq \frac{P a \cdot 10,2}{d''^3} \frac{P}{n d'' s''},$$

und daraus folgen:

$$d'' a b \geq 1,787 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{a}{n s' s''}}, \quad \delta a b \geq 0,56 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{s'}{a n^3 s''^3}} \quad . \quad 168.$$

Beispiel. Ein Konstruktionsteil, welcher 200 000 kg zu tragen hat und aus $n = 8$ Bändern besteht, soll gefloßen werden, und zwar sollen in nicht genauer Uebereinstimmung mit den oben verwendeten Verhältniswerten $s' = 1000$ kg für 1 qcm, $t = \frac{4}{5} 1000 = 800$ kg für 1 qcm und $s'' = 1400$ kg für 1 qcm betragen.

Für die Berechnung auf Biegung und Abscherung wäre

$$\text{im Falle I: } a = \frac{n}{4} = 2;$$

nach Gleichung 166

$$d'' a = 0,807 \sqrt{\frac{200000}{800}} = 12,76 \text{ cm,}$$

$$\delta a b \leq 0,0516 \frac{1000}{2} \sqrt{\frac{200000}{800^3}} = 0,509 \text{ cm.}$$

Der mögliche Lochlaibungsdruck wäre dabei $8 \cdot 12,76 \cdot 0,509 \cdot 1400 = 72808$ kg gegenüber zu tragenden 200 000 kg; diese Verhältnisse des Bolzens sind also zu schwach.

$$\text{im Falle II: } a = \frac{1}{2}; \quad \text{III: } a = \frac{1}{8};$$

$$d'' a = 1,128 \sqrt{\frac{200000}{8 \cdot 800}} = 6,3 \text{ cm,}$$

$$\delta a b \leq 0,1408 \frac{1000}{1/2} \sqrt{\frac{200000}{8^3 \cdot 800^3}} \leq 0,246 \text{ cm für II,}$$

$$\delta a b \leq 0,1408 \frac{1000}{1/8} \sqrt{\frac{200000}{8^3 \cdot 800^3}} \leq 0,984 \text{ cm für III.}$$

Der mögliche Lochlaibungsdruck ist

$$8 \cdot 6,3 \cdot 0,246 \cdot 1400 = 17360 \text{ kg für II,}$$

$$8 \cdot 6,3 \cdot 0,984 \cdot 1400 = 69440 \text{ kg für III;}$$

für Lochlaibungsdruck sind also auch diese beiden Verhältnisse zu schwach.

Für Berechnung auf Biegung und Lochlaibungsdruck sind nach Gleichung 168

$$\text{für Fall I: } a = 2, \quad d'' b d \geq 1,787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{2}{8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 16,43 \text{ cm,}$$

$$\delta b d \geq 0,56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1000}{2 \cdot 8^3 \cdot 1400^3}} = 1,088 \text{ cm;}$$

$$\text{„ „ II: } a = \frac{1}{2}, \quad d'' b d \geq 1,787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1}{2 \cdot 8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 11,62 \text{ cm,}$$

$$\delta b d \geq 0,56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{2 \cdot 1000}{8^3 \cdot 1400^3}} = 1,54 \text{ cm;}$$

$$\text{„ „ III: } a = \frac{1}{8}, \quad d'' b d \geq 1,787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1}{8 \cdot 8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 8,21 \text{ cm,}$$

$$\delta b d \geq 0,56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 1000}{8^3 \cdot 1400^3}} = 2,18 \text{ cm.}$$

Hiernach zeigt sich, wie auch von vornherein zu erkennen war, daß der Fall III (Fig. 447) weit- aus der günstigste ist.

Die Ausbildung der Augen erfolgt für alle Fälle nach Art. 229 bis 231 (S. 167 bis 169).

Rechnet man die thatächlich auftretende Abscherungsspannung hier nach, so ergeben sich für $n = 8$

$$\text{im Falle I: } \frac{P 4}{2 d''^2 \pi} = \frac{2 \cdot 200000}{3,14 \cdot 16,43^2} = 472 \text{ kg für 1 qcm;}$$

$$\text{„ „ II: } \frac{P 4}{8 d''^3 \pi} = \frac{200000}{2 \cdot 3,14 \cdot 11,62^2} = 235 \text{ kg für 1 qcm;}$$

$$\text{„ „ III: } \frac{P 4}{8 d''^2 \pi} = \frac{200000}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,21^2} = 472 \text{ kg für 1 qcm,}$$

so daß nunmehr die bei der zweiten Berechnung nicht berücksichtigte Widerstandsfähigkeit gegen Abscherung bei weitem nicht ausgenutzt wird.

Es leuchtet ein, daßs man im Falle III (Fig. 447) je die beiden unmittelbar zusammenliegenden Bänder zweckmäfsig in einem Stücke ausführt; III fällt dann mit II zusammen, bis auf den Unterschied, daßs die beiden äufsersten Bänder jeder Gruppe nur halb so dick sein dürfen, wie die mittleren.

Ein doppelschnittiger Bolzenanschluß, wie er in Fig. 443 u. 444 dargestellt ist, läßt sich nach Gleichung 168 behandeln, wenn $n = 2$ gesetzt wird, und die 3 Fälle fallen dann mit $a = \frac{1}{2}$ zusammen. Die Gleichung 168 lautet dann:

$$d''db \geq 1,787 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{1}{4 s' s''}}, \quad \delta db \geq 0,56 \sqrt{P} \sqrt{\frac{2 s'}{8 s''^3}},$$

oder

$$d''db \geq \frac{1,265 \sqrt{P}}{\sqrt[4]{s' s''}}, \quad \delta db \geq 0,397 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{s'}{s''^3}} \dots \dots \dots 169.$$

Beispiel. Wird das Beispiel zu Art. 231 u. Fig. 443 (S. 169 u. 168) hier durchgeführt, also $P = 5000$ kg und, den früher eingeführten Verhältnissen $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$, $\frac{s''}{t} = 1,9$ entsprechend $s' = 750$ kg für 1 qcm, $s'' = 1140$ kg für 1 qcm und $t = 600$ kg für 1 qcm gesetzt, so werden nach Gleichung 169:

$$d''db \geq \frac{1,265 \sqrt{5000}}{\sqrt[4]{750 \cdot 1140}} = 2,95 = \infty 3,0 \text{ cm};$$

$$\delta db \geq 0,397 \sqrt{5000} \sqrt[4]{\frac{750}{1140^3}} = 0,749 = \infty 0,75 \text{ cm}.$$

Hierin entspricht aber δdb als Stärke des Bandes in jeder Gliedhälfte $\frac{\delta}{2}$ in Fig. 443. Die Abscherung im Bolzen wird dann nur

$$\frac{5000 \cdot 4}{2 \cdot 2,95^2 \cdot 3,14} = 367 \text{ kg}.$$

Die Verbindung ist also in dieser Ausführung mit gegen früher stärkerem Bolzen und schwächeren Laschen für Biegung und Lochlaibungsdruck genügend, für Abscherung zu stark, während sie in der in Art. 231 (S. 169) ohne Rückficht auf Biegung ausgerechneten Ausführung auf Lochlaibungsdruck und Abscherung genügte, für Biegung dagegen zu schwach war.

Dieses Beispiel zeigt auch, wie notwendig bei solchen Verbindungen die Berücksichtigung der Biegungsspannungen im Bolzen ist.

Liegen die zu verbindenden Glieder nicht in einer geraden Linie, wie dies z. B. bei den Knoten von Dachbindern der Fall ist, so wird die Unterfuchung etwas umständlicher und kann nicht in so allgemein gültige Formeln gekleidet werden wie die obigen.

d) Keile und Splinte, Keil- und Splintverbindungen.

Der Unterschied zwischen Keilen und Splinten besteht darin, daßs Splinte infolge des Einsteckens oder Eintreibens keine Abscherungsspannung erleiden, sondern nur nachträgliche Löfung der Verbindung verhindern, während Keile durch ihre Form beim Einsetzen in den verbundenen Teilen Spannungen erzeugen. Die regelmäfsige Querschnittsform beider ist das Rechteck mit der gröfsere Seite in der Krafrichtung; Splinte, welche überhaupt keine Spannungen erleiden, nur zufälliges Löfen einzelner Teile verhindern sollen, werden meist als kreisrunde Stifte ausgebildet. Die rechteckigen Splinte unterscheiden sich von den Keilen durch die Längenansicht, welche bei ersteren rechteckig, bei letzteren des Keilanzuges wegen trapezförmig ist; der Anzug beträgt gewöhnlich $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{20}$ der Länge; nur wenn man die selbstthätige Löfung durch besondere Vorkehrungen verhindert, macht man ihn gröfser, bis $\frac{1}{6}$ der Länge.

233.
Keile und
Splinte.

Da ein einfacher Keil feiner Form wegen im rechteckigen Loche immer nur mit einer Kante anliegen kann und hier Zerstörungen hervorruft, und da man diesen Mangel auch durch entsprechend trapezförmig hergestellte Keillöcher nicht ganz beseitigen kann, so verwendet man für stark belastete Verbindungen Doppelkeile, welche stets parallele Kanten geben (Fig. 448), oder dreifache Keile, deren beide Aufsenteile die zu verbindenden Teile mit Nasen umfassen (Fig. 449). Dabei muß die Summe der Nasenbreiten kleiner sein als der kleinste Abstand zwischen den Aufsenteilen, da sonst letztere nicht eingebracht werden können.

Fig. 448.

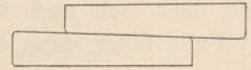
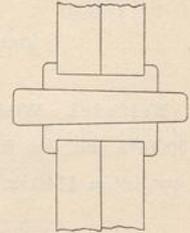


Fig. 449.



Bei mehrfachen Keilen nennt man die Teile, welche die zu verbindenden Stücke mit Nasen umfassen, Nasenkeile, den eigentlichen Treibkeil Setzkeil. Die Kanten des einen Keilstückes, welche sich auf der schrägen Fläche des anderen zu bewegen haben, rundet man etwas ab, damit kein Einfressen vorkommt.

Der rechteckige Querschnitt der Keile und Splinte wird wohl beiderseits nach einem Halbkreife abgerundet, damit die verbundenen Teile ebenso beansprucht werden, wie durch Niet- oder Schrauben- oder Befestigungsbolzen.

Um die Keile nachträglich nachziehen zu können, macht man die Keillöcher in den zu verbindenden Teilen etwas zu lang, so daß sie auf der unbelasteten Seite nicht ganz am Keile anliegen.

Um selbstthätiges Lösen der Keile zu verhindern, steckt man bei einfachen Keilen einen Splint durch ein Bohrloch am dünnen Ende oder durch die verbundenen Teile und den Keil gemeinsam, in welchem Falle man behufs Erleichterung späteren Nachziehens auch eine kleine Druckschraube verwenden kann. Doppelkeile und dreifache können sich nicht lösen, wenn die Teile nachträglich fest miteinander verbunden werden.

234.
Berechnung
der Keile
und Splinte.

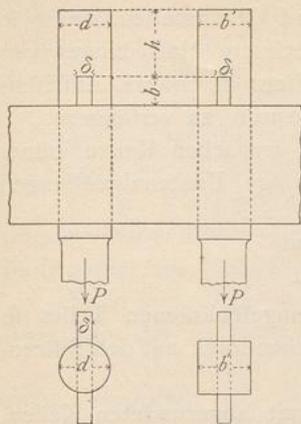
Bei rechteckigen Keilen, bzw. Splinten muß die Stange neben dem Keile unter dem Zuge P ebenso leicht abreißen wie die beiden Keilendflächen, und eine der in den Keilflanken liegenden Ebenen im hinteren Stangenkopfe ab-, bzw. ausgesichert werden; schliesslich darf der Lochlaibungsdruck s'' hinter dem Keile das zulässige Maß nicht überschreiten. Die vorletzte Annahme macht man, weil die Keile selten so genau passen, daß sie mit ihrer ganzen Fläche gleichmäÙig im Loche anliegen; oft muß eine Kante die Last vorwiegend tragen.

Die Beanspruchung der Keile auf Biegung ist weniger gefährlich, als bei den Bolzen, weil der hochkantig gestellte Keilquerschnitt großen Widerstand gegen Biegung leistet. Immerhin empfiehlt es sich, die Prüfung der nach den oben angegebenen Rückfichten festgelegten Keile auf ihre Biegebeanspruchung nicht zu unterlassen.

Wie früher seien t die zulässige Scherspannung im Keile und in der Stange, s' die zulässige Zugspannung in letzterer. Für das Rundeisen (Fig. 450) ergeben sich folgende 4 Gleichungen:

$$\left(\frac{d^2 \pi}{4} - d \delta\right) s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad d h t = P \quad \text{und} \quad d \delta s'' = P;$$

Fig. 450. Fig 451.



daraus folgt

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P \pi}{s''} \frac{1}{1 + \frac{s''}{s'}}}, \\ d &= 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s''} \left(1 + \frac{s''}{s'}\right)}, \\ b &= \sqrt{\frac{P}{\pi t} \frac{s''}{t} \left(1 + \frac{s''}{s'}\right)}, \\ h &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P \pi}{t} \frac{s''}{t} \frac{1}{1 + \frac{s''}{s'}}}. \end{aligned} \right\} \dots 170.$$

Soll z. B. eine eiserne Stange mittels eisernen Keiles 3500 kg tragen, so sind $\frac{s''}{t} = 1,9$ und $\frac{s''}{s'} = 1,5$ zu setzen, und macht man $s' = 800$ kg, so sind $t = 640$ und $s'' = 1200$ kg. Gleichung 170 liefert alsdann folgende Werte:

$$\delta = 0,95 \text{ cm}, \quad d = 3,03 \text{ cm}, \quad b = 2,88 \text{ cm} \quad \text{und} \quad h = 1,81 \text{ cm},$$

welche für die Ausführung abgerundet werden.

Für das Quadrateisen (Fig. 451) lauten die Gleichungen:

$$b' (b' - \delta) s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad b' h t = P \quad \text{und} \quad b' \delta s'' = P,$$

und daraus folgt

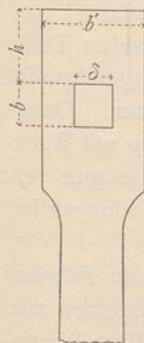
$$\left. \begin{aligned} \delta &= \sqrt{\frac{P}{s' + s''} \frac{s'}{s''}}, & b' &= \sqrt{P \frac{s' + s''}{s' s''}}, \\ b &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P}{s'} \frac{s' + s''}{t} \frac{s''}{t}}, & h &= \sqrt{\frac{P}{s' + s''} \frac{s'}{t} \frac{s''}{t}}. \end{aligned} \right\} \dots 171.$$

Für obiges Beispiel giebt Gleichung 171 die Werte:

$$\delta = 1,08 \text{ cm}, \quad b' = 2,7 \text{ cm}, \quad b = 2,56 \text{ cm} \quad \text{und} \quad h = 2,08 \text{ cm}.$$

Meistens wird man die Enden der Eifen vor Herstellung des Loches behufs Ausführung obiger Mafse etwas anstauchen, so dafs die Abmessungen d und b' nicht in der ganzen Stange durchgeführt zu werden brauchen, sondern auf die der Fläche $\frac{P}{s'}$ entsprechenden Mafse vermindert werden können (Fig. 450 u. 451).

Fig. 452.



Für das Flacheisen (Fig. 452) des Querschnittes $\frac{P}{s'}$ und der Dicke δ' ergeben sich die Mafse im Keilanschluffe aus den 4 Gleichungen:

$$(b' - \delta) \delta' s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad h \delta' t = P \quad \text{und} \quad \delta \delta' s'' = P,$$

woraus folgt:

$$\delta = \frac{P}{s'' \delta'}, \quad b' = \frac{P}{\delta'} \frac{s' + s''}{s' s''}, \quad b = \frac{\delta'}{2} \frac{s''}{t}, \quad h = \frac{P}{t \delta'}. \dots 172.$$

Soll z. B. eine Flacheisenstange von $\delta' = 1,5$ cm Dicke eine Last von 5000 kg bei den obigen Spannungsverhältnissen tragen, so werden nach Gleichung 172

$$\delta = 2,74 \text{ cm}, \quad b' = 7 \text{ cm}, \quad b = 1,43 \text{ cm} \quad \text{und} \quad h = 5,2 \text{ cm}.$$

Die Stangenbreite selbst ist $\frac{5000}{800 \cdot 1,5} = 4,2$ cm.

Nach diesen Gleichungen wird nun die Keilbreite b für gleiche Sicherheit in allen Teilen bei Flacheisen fast regelmäfsig, bei Rund- und Quadrateisen häufig fo gering, dafs man sie für die Ausführung über das berechnete Mafs hinaus vergröfsern mufs; alsdann sind alle anderen Mafse beizubehalten; der ganze Anchluss ist aber um das Mafs, das dem theoretischen b zugefetzt wurde, zu verlängern.

Die Vergröfsderung von b wird bei Doppelkeilen und dreifachen Keilen immer nötig, weil fonst die einzelnen Teile unausführbar geringe Breitenabmessungen erhielten. Man macht

$$b = 3 \delta \text{ bis } 4 \delta \text{ für Doppelkeile und}$$

$$b = 4 \delta \text{ bis } 5 \delta \text{ für dreifache Keile.}$$

Selbstverständlich mufs der Keil an beiden Seiten des angefchlossenen Teiles fo viel Auflagerlänge haben, dafs auch hier der zuläffige Flächendruck auf den stützenden Teilen nicht überschritten wird.

Sehr häufig werden Keilanschlüsse, namentlich die mit abgerundeten Keilen, auch nach den zu Fig. 442 bis 444 gegebenen Regeln ausgeführt, indem man die Augen um fo viel verlängert, wie die Keillänge b den zu den Abbildungen gehörenden Bolzendurchmesser d'' übertrifft.

2. Kapitel.

Verlängerung von Eifenteilen.

235.
Allgemeine
Regeln.

Die Verlängerung von Eifenteilen kommt hier nur für Konftruktionsteile aus Schweifseisen oder Stahl in Frage.

Die Verlängerung einfacher Querschnitte ist zum Teile bereits bei den Verbindungen durch Niete (Fig. 417 bis 420), Schrauben (Fig. 443 u. 444) und Keile (Fig. 450 bis 452) behandelt worden, da alle dort für Anschlüsse an anderweitige Teile gegebenen Formen und Regeln auch für den Zusammenfchluss gleichartiger Teile verwendet werden können.

Die bei Verlängerungen zu beobachtenden allgemeinen Regeln sind folgende:

1) Die Mittelkraft aller Spannungen mufs in sämtlichen Teilen der Verbindung in die Schwerpunktsachse der verbindenden und verbundenen Teile fallen.

2) Derjenige Querschnitt der zu verlängernden und der verbindenden Teile, welcher durch die bei fast allen Verbindungen nötige Lochung am meisten gefchwächt ist, mufs auch den vom ganzen Gliede verlangten Sicherheitsgrad besitzen. Daher mufs entweder das ganze Glied um die Verschwächung in der Verbindung mit Rücksicht auf das bei den Nietungen (in Art. 201, S. 147 u. 218, S. 159) Gefagte verftärkt werden, oder man mufs dem Teile ein besonders geformtes Verbindungsglied anschweifsen oder anstauchen, wie in Fig. 443, 444, 450 u. 451.

3) Die verbindenden Teile: Niete, Schrauben, Keile u. f. w., sollen in sich auf Abfcherung, Biegung und Lochlaibungsdruck denselben Sicherheitsgrad besitzen wie die verbundenen Teile an der schwächsten Stelle. Bezeichnen s'_a die zuläffige Längsspannung in den verbundenen Teilen und etwaigen Lafchen, s'_b diejenige in den verbindenden, s'' den zuläffigen Lochlaibungsdruck, t die zuläffige Scherspannung in den verbindenden, t' diejenige in den verbundenen Teilen und Lafchen, fo kann